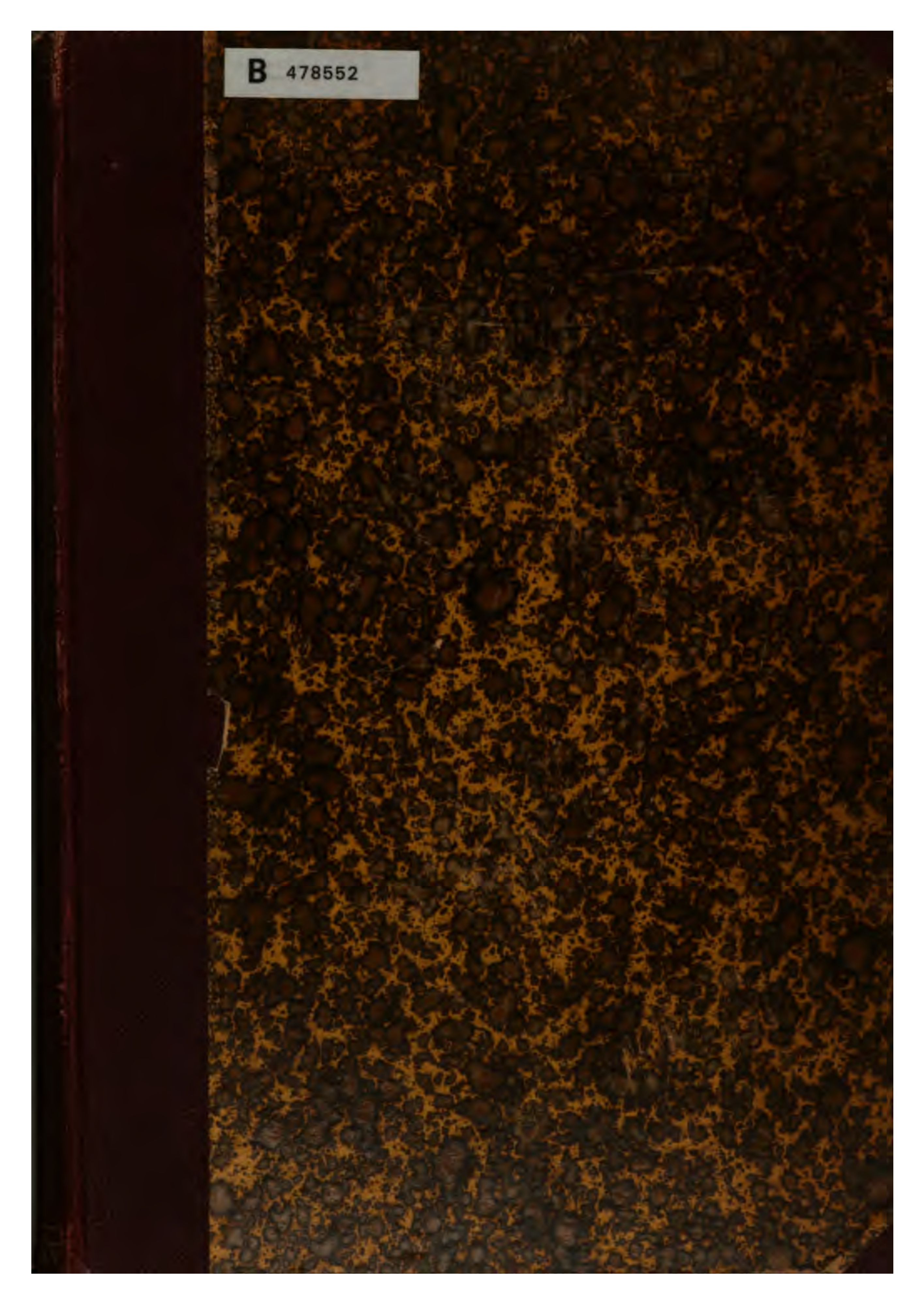
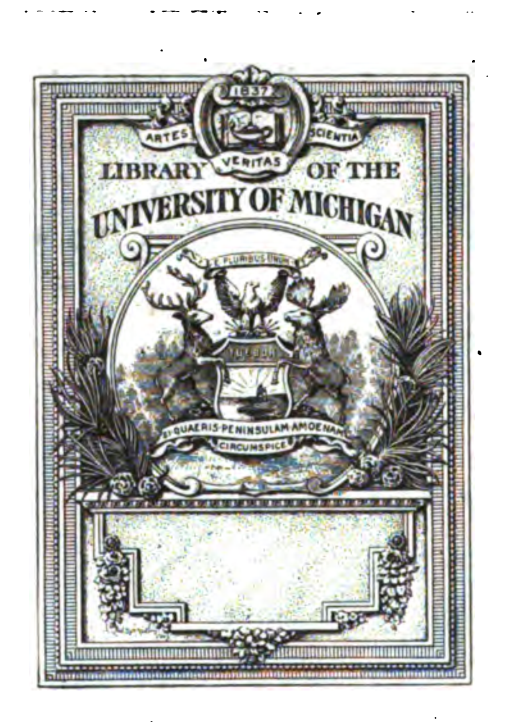
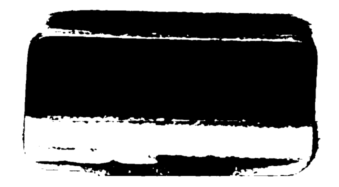







1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



ENCYKLOPÆDIE

DER

NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. W. FÖRSTER, PROF. DR. A. KENNGOTT,
PROF. DR. A. LADENBURG, DR. ANT. REICHENOW,
PROF. DR. SCHENK, GEH. SCHULRATH DR. SCHLÖMILCH,
PROF. DR. W. VALENTINER, PROF. DR. A. WINKELMANN,
PROF. DR. G. C. WITTSTEIN.

DREIZEHNTER BAND.

II. ABTHEILUNG.

I. THEIL:

HANDWÖRTERBUCH DER MINERALOGIE, GEOLOGIE UND PALÆONTOLOGIE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. A. KENNGOTT.

BRESLAU,
VERLAG VON EDUARD TREWENDT.
1887.

HANDWÖRTERBUCH

DER

MINERALOGIE, GEOLOGIE

UND

PALÆONTOLOGIE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. A. KENNGOTT

UNTER MITWIRKUNG

VON

PROF. DR. R. HÖRNES, PROF. DR. A. VON LASAULX UND DR. FR. ROLLE.

MIT 103 HOLZSCHNITTEN.

DRITTER BAND.

BRESLAU,
VERLAG VON EDUARD TREWENDT.
1887.

Inhaltsverzeichniss.

Phanerogamen

von

Dr. Fr. Rolle.

Wie der erste Ursprung der Kryptogamen-Welt, wenn wir dafür deutliche Fossilfunde beanspruchen, noch in räthselhaftem Dunkel erscheint und nur nach allgemeineren physiologischen Grundsätzen einigermaassen erläutert werden kann, so ist auch die Ableitung der Phanerogamen aus einer höheren Vervollkommnung älterer Kryptogamen wissenschaftlich zur Genüge gerechtfertigt, aber nicht nach positiven Fundstücken darzulegen, sondern nur nach mehr oder minder hypothetischer Wahrscheinlichkeit einigermaassen zu erläutern.

Sicher ist, dass die Phanerogamen in der heutigen Gestaltung des Pflanzenreichs als höhere reichlicher ausgestattete Stufe den Kryptogamen sich anschliessen und dabei die nächsten Glieder auf die höheren Kryptogamen — die ungleichsporigen Gefäss-Kryptogamen — einerseits, die niederen nacktsamigen Phanerogamen — oder Gymnospermen — andererseits fallen. Sicher ist auch, dass in der von der Geologie dargelegten chronologischen Reihenfolge der betreffenden Funde die Kryptogamen mit meerischen Fucoiden eröffnen, die Phanerogamen mit festländischen Nadelhölzern, also nacktsamigen Formen erst beträchtlich später nachfolgen. Aber in beiden Gebieten, dem systematischen der heute lebenden Flora und dem chronologischen der Fossilfunde liegen Lücken vor, welche nur hypothetisch zu überbrücken sind und den Scharfsinn des Botanikers und des Geologen herausfordern.

Einerseits erscheinen in der heutigen Lebewelt Kryptogamen und Phanerogamen scharf gesondert und keine Mittelform ist mehr vorhanden, deren Einreihung in die eine oder die andere Classe noch Schwierigkeiten bereiten könnte. Andererseits müssen solche vermittelnde Formen wohl für die älteren geologischen Zeiten — schon die silurische und jedenfalls die devonische Epoche — vermuthet werden. Aber sie sind unter den damals erhaltenen Fossilien nicht vertreten, was mehrere Ursachen haben kann, aber allein schon darauf beruhen mag, dass die betreffenden Uebergangsglieder krautartige weiche Gewächse waren, die sich wenig oder nicht zur fossilen Erhaltung eigneten. Der älteste Fund von urweltlichen Phanerogamen besteht in Stammstücken von Coniferen aus devonischen Schichten, aber diese genügen noch nicht, ein sicheres Licht über die Einzelheiten der Umbildung von Kryptogamen in Gymnospermen zu gewähren. Namentlich sind immer noch zwei Fälle möglich. Nach den heute zu beobachtenden Verhältnissen kann man die Mittelformen in der Lücke

zwischen ungleichsporigen Gefässkryptogamen (Verwandten der Selaginellen) und Gymnospermen suchen. Es ist aber auch sehr wohl denkbar, dass der gesuchte Uebergang von den moosartigen Gewächsen (Muscineen) durch unbekannte nicht fossil erhaltene krautartig weiche Mittelformen unmittelbar zu den Gymnospermen führte. Mehr als einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit wird man in dieser Frage auch wohl kaum je erreichen.

Die Phanerogamen, *Phanerogamae*, begreifen überhaupt sämmtliche Gewächse mit deutlichen Blüthenorganen und ausgebildetem Samen, welche LINNÉ in seinem Sexualsystem in die ersten XXIII Classen vertheilte. Sie heissen auch Blüthenpflanzen *(Anthophyta)* und Samenpflanzen.

Es sind in Wurzel, Stamm und Blätter gegliederte, mit Gefässbündeln oder Fibrovasal-Strängen versehene Pflanzen. Ihre Blüthe entwickelt eine Samenknospe mit einer Eizelle, die nach der Befruchtung durch den Blüthenstaub oder Pollen den Samen ausbildet. Der Samen ist weit höher organisirt als die Spore der Kryptogamen und enthält bereits einen mehr oder weniger entwickelten Keimling oder Embryo, der sogar in den meisten Fällen schon eine Abgliederung in eine Wurzel und eine kleine beblätterte Achse zeigt. Der Keimling bildet sich in der Folge zur neuen Pflanze aus.

Bei den Phanerogamen versteckt sich der Generationswechsel der höheren Kryptogamen in den stufenweisen Vorgängen der Samenbildung. Dabei entsprechen die Pollenkörner der Phanerogamen den Mikrosporen der ungleichsporigen Gefässkryptogamen (Rhizocarpeen, Selaginellen und Isoëten) unter Wegfall der Spermatozoiden der letzteren. Weiblicherseits entspricht der Embryosack der Samenknospe der Makrospore. Während die Makrospore ein weibliches Prothallium erzeugt, das Eizellen entwickelt, ergiebt der Embryosack ein diesem gleichwerthiges Gewebe, das ebenfalls eine Eizelle entwickelt. Damit lässt sich die Samenbildung der Phanerogamen auf die Thätigkeit der Makrospore und der Mikrospore und die Prothalliumbildung der ungleichsporigen Kryptogamen zurückführen und die Abstammung der ersteren von den letzteren wahrscheinlich machen.

Die Phanerogamen oder Blüthenpflanzen stellen in der Flora der Jetztwelt eine sehr formenreiche Abtheilung mit den höheren und höchsten Typen des Pflanzenreiches dar. Sie bilden die Hauptmasse der heutigen Pflanzenwelt und namentlich der Landflora. Sie begreifen die mächtigsten Baumarten und setzen die meisten Waldungen zusammen. Nur äusserst wenige ihrer Arten gehen an flachen Küsten ins Meereswasser. Ihre heutige Artenzahl ist nur beiläufig bekannt. A. VON HUMBOLDT schätzte 1859 die Zahl der bis dahin bekannt gewordenen Phanerogamen-Arten auf mehr als 160000, wenn nicht auf 213000. BRONN nahm 1855 etwas über 80000 bekannte und beschriebene Arten an. KOCH zählt in Deutschland und der Schweiz zusammen 3454 wild wachsende Arten.

Ihre geologische Geschichte ist nur sehr fragmentarisch bekannt, ergiebt aber jedenfalls einen sehr zusammengesetzten Entwickelungsgang, der sich nach besonderen Classen und Ordnungen, nach der Umgestaltung niederer zu höheren Stufen, nach der polaren Abkühlung der Erdoberfläche und der Ausbildung klimatischer Zonen, endlich auch nach dem Einfluss der Insectenwelt auf die Gestaltung der Blüthen, mannigfach verzweigt.

Wir müssen um diesen wechselvollen Verlauf überblicken zu können, erst auf die Classen und Ordnungen der heutigen Phanerogamen-Flora eingehen. Sie zerfallen, je nachdem der Samen sich frei und unbedeckt entwickelt oder

unter dem Schutz eines besonderen Gehäuses *(Ovarium,* Eierstock oder Fruchtknoten) entsteht, in zwei natürliche Hauptabtheilungen.

I. Nacktsamige Phanerogamen, Gymnospermen, *Gymnospermae.* Ihre Samenknospen sind nackt, sie stehen frei an der Achse oder am ausgebreiteten Fruchtblatte. Sie bilden sich nicht in einem besonderen von Fruchtblättern gebildeten Behälter. Hierher gehören die Cycadeen und die Coniferen, letztere auch Nadelhölzer, *Acerosae* genannt.

II. Bedecktsamige oder Angiospermen, *Angiospermae.* Ihre Samenknospen entstehen im Inneren eines von zusammenschliessenden Fruchtblättern oder Carpellen gebildeten Gehäuses, dem Fruchtknoten, *ovarium,* Eierstock. Die bedecktsamigen Phanerogamen begreifen die Monocotyledonen, welche mit einem und die Dicotyledonen, welche mit zwei Keimblättern oder Cotyledonen keimen.

Auch die vier Classen — Cycadeen, Coniferen, Monocotyledonen und Dicotyledonen — erweisen sich als durchaus natürlich begründete Abtheilungen. Sie stehen in der Flora der Jetztwelt so scharf von einander getrennt, dass über ihre allseitige Abgrenzung kein Zweifel obwalten kann. Auch die geologische Geschichte ergiebt ihren unabhängigen Verlauf für eine ganze Reihe von geologischen Epochen. Weiter zurück müssen allerdings engere Verbände bestanden haben und Mittelglieder entwickelt gewesen sein, die die nächst verwandten Classen unter einander und die primitiveren Abtheilungen mit dem Kryptogamen-Reich verknüpften. Aber der heutige Stand des geologischen Archivs giebt über diese Wurzeln der vier phanerogamischen Stämme nur ungenügenden Aufschluss und vielleicht wird auch nie ein vollständiges Licht darüber verbreitet werden.

Der Hindernisse sind hier viele. In allen geologischen Formationen sind bekanntlich die krautartig weichen Pflanzenformen so gut wie ausgeschlossen von der fossilen Erhaltung und auch die festeren auf unsere Zeiten erhaltenen Vegetabilien in der Regel nur fragmentarisch vertreten. Landpflanzen pflegen sich auch nur in besonderen auf dem Festlande oder in Süsswasserbecken entstandenen Lagern angesammelt zu finden, während mächtigere Meeres-Formationen oft ganz frei von Landvegetabilien oder sehr arm an solchen sich erweisen. Und gerade im silurischen und devonischen Schichtensystem, aus deren Bereich man über die älteste Geschichte des Phanerogamen-Stammes die wichtigsten Aufschlüsse zu gewärtigen hätte, sind diese hinderlichen Umstände am meisten gehäuft, so dass man aus dem silurischen nur wenige kryptogamische Landpflanzen kennt und über die vielleicht damals schon vorhandenen Anfänge des Phanerogamenreichs gar nichts erfährt. Weniges günstiger ist der Stand der Dinge im devonischen System. Man kennt hier Coniferen-Stämme, aber es fehlen uns noch die zugehörigen Blätter, Blüthen und Fruchtstände und man wird vielleicht noch lange auf sie zu warten haben. Alle diese Mängel und Hindernisse drängen zur Verknüpfung der vereinzelt stehenden nackten Thatsachen durch die erläuternde und vorgreifende Hypothese, damit freilich aber auch zum Betreten des glatten Feldes der subjectiven Meinung und des Irrthums.

Wir können nach dieser Darlegung auf die Hauptzüge der geologischen Verhältnisse der vier Hauptstämme der Phanerogamen näher eingehen.

Im silurischen System treffen wir nur Meeres-Fucoiden und neben ihnen einige wenige landbewohnende Gefäss-Kryptogamen. Hier kennt man noch keine Spur von Phanerogamen-Resten. Es ist aber sehr möglich, dass um diese Epoche bereits die ersten Anfangsformen des Phanerogamen-Stammes entwickelt wurden,

aber vielleicht Gewächse von weichem, leicht schwindendem Gewebe waren und sich nicht als Fossilien erhielten.

Im devonischen System treffen wir die ersten, wenn auch noch fragmentarischen, doch schon als sicher zu erachtenden Phanerogamen-Reste. So namentlich im Cypridinen-Schiefer (Oberregion des devonischen Systems) von Saalfeld in Thüringen Stammstücke der durch eigenthümliche Structur ausgezeichneten Coniferen-Gattung *Aporoxylon*. Ebenda auch Reste der in ihrer systematischen Stellung noch schwankenden Gattung *Noeggerathia*. Aus devonischen Schichten von Nord-Amerika erwähnt man Coniferen-Holz, wahrscheinlich zu *Araucarites* gehörig. Dies sind die frühesten bekannten Vertreter der Phanerogamen-Welt, denen bald andere nachfolgen.

Im Steinkohlen-System, in welchem sich eine bereits an Arten reichere, an Wuchs sehr grossartig entwickelte Land- und Süsswasser-Vegetation geltend macht und weite Strecken der Erdoberfläche bewaldet waren, behaupten die Gefäss-Kryptogamen noch die Hegemonie. Aber die Phanerogamen erscheinen mit ihnen in bereits drei, wenn nicht mehr Stämmen — Coniferen, Cycadeen, Monocotyledonen — und durch reichlichere und besser bezeichnete Fossilfunde vertreten. Die Coniferen sind in der Steinkohlenformation schon bestimmt und verhältnissmässig reichlich vertreten, namentlich durch verkieselte Stämme, die man unter dem Namen *Araucarites (Dadoxylon)* begreift und beblätterte araucarienartige Zweige, die man *Walchia* nennt, die aber wohl nur Zweige derselben Bäume sind, von denen die Stämme sich herleiten. Wahrscheinlich bildeten diese Coniferen während der Steinkohlenepoche die Bewaldung der trockneren Gegenden und des Hügellandes. Sie nehmen aber auch merklichen Antheil an der Zusammensetzung mancher Kohlenflötze. Cycadeen erscheinen in den Ablagerungen der Steinkohlenepoche spärlich vertreten, gelten aber als sicher. Neben ihnen finden sich die Nöggerathien, deren systematische Stellung noch unsicher ist und die ebenfalls erst wenig entzifferten Cordaiten. Dazu kommen in der carbonischen Flora eine Anzahl von Monocotyledonen von mehr oder minder unsicherer systematischer Stellung, darunter Palmen, deren Reste aber noch manchem Zweifel Raum lassen. Ferner erscheinen noch Reste von ganz unsicherer Stellung, wie z. B. eine Anzahl nussartiger dreiklappiger Früchte *(Trigonocarpum)*, die von Palmen herrühren mögen, von Anderen auch wohl den Nöggerathien zugeschrieben werden. Dicotyledonen-Reste fehlen noch in der Steinkohlenepoche und erscheinen erst viel später in einigermaassen sicheren Resten, soviel es bis jetzt scheint, zuerst in der Nordpolarregion.

Was die Artenzahl der damaligen Flora anbelangt, so lässt sie sich bei dem starken Betrag der nur fragmentarisch erhaltenen und der in ihrer systematischen Stellung schwankenden Formen auch nur annähernd abschätzen. Man kennt bis jetzt etwas über 800 — oder höchstens 1000 — einigermaassen wohlbestimmte Pflanzenarten derselben, wovon aber 700 auf die Gefäss-Kryptogamen kommen. Die Phanerogamen spielten also neben diesen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Es dürften beiläufig 75 Arten fossil erhalten worden sein.

Die Steinkohlen-Flora setzt sich mit wesentlich demselben Charakter, aber unter mehrfacher Verarmung — namentlich unter Abnahme der Morast-Vegetation — noch ins Rothliegende fort. Veränderte Vegetations-Verhältnisse zeigen sich schon im Kupferschiefer und Zechstein. Die Flora der trockneren Festland-Oberfläche tritt mehr in den Vordergrund. Trias-System und Jura-System folgen mit allmählich abändernder Vegetation. Die grossen Formen der Gefäss-Krypto-

gamen treten mehr in den Hintergrund. Dafür nehmen die Coniferen und Cycadeen, mit ihnen auch die Monocotyledonen an Arten, Gattungen und Familien zu und bilden Waldbestände. Dies ist das Zeitalter der Hegemonie von Coniferen und Cycadeen. Ihre ausgezeichnetste Schaustellung findet diese Vegetation in den oft aufgeführten, auf den marinen Portland-Kalk folgenden, in Süsswasser- und Brackwasser eingebetteten Dammerde-Lagern oder *dirt-beds* von Portland mit ihren noch an Ort und Stelle wurzelnden Baumstämmen. Es sind meist Nadelholzstämme und zwischen ihnen stehen vereinzelte niedere Cycadeenstämme (vergl. II, pag. 166). Ein grosser Theil der Erdoberfläche mag damals mit ähnlichen Coniferen- und Cycadeen-Waldungen überzogen gewesen sein.

In der Kreide-Epoche tritt dann wieder ein bedeutender Umschwung im Stande der Vegetation ein. Noch in der unteren Kreide (Wealden-Schichte) herrscht die Coniferen- und Cycadeen-Flora, die wir schon von der Trias-Epoche an herrschend fanden. Die erste Spur von dicotyledonischen Blättern zeigt sich hier. Aber um die Mitte der Kreide-Formation (Cenomanische Stufe zu Niederschöna bei Freiberg u. a. O.) tauchen plötzlich und zahlreich — anscheinend ohne ältere Vorläufer — die Dicotyledonen hervor und setzen unter immer wachsender Mannigfaltigkeit in die obere Kreideabtheilung und die Tertiär-Ablagerungen weiter fort.

Dieser beträchtliche Umschwung, der mit Mitte der Kreide-Epoche im Charakter der Festlandvegetation eintritt, ist schwer zu erklären, aber immerhin noch nicht unerklärbar. Um diese Zeit macht sich überhaupt zuerst die polare Differenzirung des Klimas der Erdoberfläche bemerkbar und die arktischen Festlandgebiete beginnen als neues Schöpfungs-Centrum in Wirksamkeit zu treten, von welchem neue Typen von Organismen successiv nach den der polaren Abkühlung Folge leistenden Zonen ausstrahlen, um schliesslich den Aequator zu erreichen oder auch zu überschreiten. Die ältesten Dicotyledonen waren allem Anschein nach Arktiker und eine stufenweise oder allmähliche Vorschiebung einer in der Nordpolarregion entstandenen neuen Flora nach niederen Breiten hat an sich wenig auffallendes, da wir solche vom Pol gegen die Tropen vor sich gehende Bewegungen der Flora im Verlauf der tertiären Epochen wiederholt und bestimmter sich vollziehen sehen. Nur darf man an diese Vorgänge keinen mathematischen Maassstab legen, sie wurden von Veränderung der Meer- und Festland-Configuration überkreuzt, von deren Verlauf wir uns jetzt nur noch annähernde Kenntniss zu verschaffen vermögen.

In der obersten Region der Kreideformation des Westens von Nord-Amerika (Rocky Mountains) enthält die Dicotyledonen-Flora merkwürdiger Weise eine hervortretende Anzahl von Gattungen, die noch jetzt im gemässigt warmen Klima des östlichen Nord-Amerika (Virginien u. s. w.) lebend vorkommen, auch wohl noch in der Miocän-Flora von Europa und Asien vertreten erscheinen. Es sind also die warmen und namentlich feuchten Regionen der atlantischen Unionsstaaten dermalen die Hauptzufluchtsstätte jener Dicotyledonen-Flora, die in der Kreideepoche über das nördliche Amerika verbreitet war und damals wahrscheinlich überhaupt ein circumpolares Gebiet einnahm. Noch in der Miocän-Epoche waren einige dieser Gattungen auch in Europa verbreitet, erloschen aber hier inzwischen. Andere erhielten sich auf die heutige Zeit in den gemässigt-warmen Breiten von Asien.

Offenbar waren aber auch schon in der Kreide-Epoche die klimatischen Zonen keine mathematischen Schnitte, sondern vom Gang der Meeres-Strömungen

und anderen Bedingungen beeinflusst. An der heutigen Stelle der Rocky Mountains konnte sehr wohl ein ähnliches Klima schon ausgebildet sein, wie es jetzt in Maryland und Virginien herrscht, wenn es auch wohl damals nicht im gleichen Breitengrade aushielt.

Im Verlauf der tertiären Epochen wurde die klimatische Sonderung strenger. Aber selbst noch in der miocänen Epoche waren Grönland, Spitzbergen, Novaja Zemlja, überhaupt alle bekannten Festlandstücke der Nordpolar-Region, mit Wäldern von Eichen, Pappeln, Nussbäumen, Tannen, Föhren, Taxodien, Sequoien u. s. w. bedeckt. Heute sitzen die Abkömmlinge dieser Waldbäume weiter im Süden und die arktische Region ist jetzt entwaldet. Die klimatische Verschiebung seit der Miocän-Epoche beträgt hier etwa 25 bis 30 Breitengrade. (Die Taxodien- und Sequoien-Grenze fällt im heutigen Nord-Amerika etwa zwischen 35, 40 und 45° nördl. Br.).

Eine andere Seite der geologischen Geschichte der Phanerogamen-Abtheilung ist ihre zum Theil sehr innige Verknüpfung mit der Entwicklung der Insecten-Welt, aus welcher im Verlaufe der letzten geologischen Epochen noch eine Reihe von mehr oder minder tief eingreifenden Umgestaltungen bei beiden Contrahenten hervorgegangen sind.

Bei vielen Blüthenpflanzen vollzieht sich die Befruchtung der Eizellen durch den Pollenstaub der Antheren schon sehr leicht nach gewissen angeerbten Anlagen z. B. bei manchen Zwitterblüthlern dadurch, dass die Narbe zwischen den reifenden Staubfäden hindurchwächst — andererseits bei vielen einhäusigen Blüthen (z. B. beim Welschkorn, *Zea mais* L.) die männlichen Blüthen höher stehen als die weiblichen oder Stempelblüthen und daher der herabfallende Pollen-Staub meist mit Leichtigkeit auf letztere gelangt.

Aber bei zahlreichen einhäusigen oder zweihäusigen Blüthenpflanzen vollzieht sich die Bestäubung vorzugsweise mit Hilfe des Windes und diese haben dann dem entsprechend auch zahlreichere Blüthen und erzeugen eine grössere Menge von staubfeinen Pollenkörnern. So ist es der Fall bei den Coniferen (z. B. den Föhren und Fichten) und bei Kätzchenblüthlern (z. B. bei Pappeln und Erlen). Dies sind die sogen. Windblüthler, *Anemophilae*. Von ihnen geht oft der sogen. »Schwefelregen« aus, von dem man schon in Tertiärschichten Spuren nachgewiesen hat.

Ein dritter Fall ist das Wechselverhältniss zwischen Blüthen und Insecten, das mehr oder minder weit vorgerückt ist und oft tiefe Umgestaltungen in der Organisation beider Theilhaber zu Wege gebracht, auch zuweilen das Gedeihen des einen an das des anderen Theils geknüpft hat. Das Insect sucht süsse und wohlriechende Nahrung. Die Blüthe bietet sie ihm und das Insect, indem es sich in deren Besitz setzt, vermittelt die Bestäubung der Narbe mit dem Pollen. Pflanzen, die in ein solches Verhältniss von Bundesgenossenschaft und Abhängigkeit gegenüber von Insecten gerathen sind, heissen Insectenblüthler, *Entomophilae*.

In vielen Fällen ist dabei eine Befruchtung ohne fremde Beihülfe geradezu unmöglich geworden. So z. B. bei den Orchideen und den Asclepiadeen, bei denen die Pollenkörner durch einen klebrigen Stoff zu einer zusammenhängenden Masse verschmolzen sind und demgemäss in den geöffneten Antheren träg liegen bleiben. Hier tritt das geschäftige Heer der Insecten unter lebhafter Kraftanwendung vermittelnd ein. Rastlos nach Honig suchend, fliegen sie von Blüthe zu Blüthe und dringen mit Anstrengung zu den zuckerabsondernden Drüsengebilden

(Nectarien), die die Pflanze — gleichsam als Bundesgenosse — für sie hergerichtet hat. Dabei übertragen die Insecten ohne Absicht und Willen aus einer Blüthe den Pollen zur anderen und vollziehen die Befruchtung — ihrerseits wieder als unbewusste Bundesgenossen arbeitend.

In vielen Blüthen, z. B. denen der Papilionaceen, finden sich auch noch besondere Vorrichtungen, in letzterer Familie eine den Eintritt sperrende Anordnung der Kronblätter. Insecten, z. B. Bienen, dringen gleichwohl ein und streifen dabei die Antheren, welche den Blüthenstaub auf bestimmte Körpertheile der honigsuchenden Insecten übertragen. Und dies sind gerade solche Körpertheile, welche mit der Narbe in Berührung kommen müssen, wenn das Insect darnach eine andere Blüthe besucht. (Bei Papilionaceen ist es die Bauchseite der Bienen.)

Dabei könnte viel Blüthenstaub unnütz verschleppt, z. B. auf Blüthen anderer Art und Gattung übertragen werden. Aber auch in dieser Hinsicht nähert sich das unbewusste Bundesverhältniss zwischen Blüthe und Insect seiner Vollkommenheit. Die meisten honigsuchenden Insecten besuchen nämlich nur ganz bestimmte Pflanzenarten und diese locken ihre Gäste durch bestimmte Augenfälligkeit — Gestalt und ausgesuchte Färbung — und bestimmten Wohlgeruch an.

Es ist natürlich, dass dieses enge seit früher Zeit allmählich entstandene Bundesverhältniss zwischen gewissen Blüthenpflanzen und gewissen Insecten auch einzelne tiefgehende und in der geologischen Geschichte beider Reiche maassgebende Wirkungen nach sich gezogen hat.

In der That erweisen sich die Windblüthler, *Anemophilae,* als der geologisch ältere Theil und sie verlaufen von der devonischen Epoche durch die ganze Stufenfolge der mittleren Formationen bis zur Jetztwelt.

Die Insectenblüthler, *Entomophilae,* aber sind allem Anschein nach erst Erzeugnisse einer weit späteren Epoche. Sie scheinen schon in der ältesten fossil erhaltenen Dicotyledonen-Flora — zur Zeit der mittleren Kreide-Bildung — vertreten zu sein. In der Eocän-Epoche sind sie dann bereits zahlreicher und in den folgenden geologischen Zeiten steigert sich ihre Häufigkeit und Ausprägung noch mehr und erreicht den Höchstbetrag in der Flora der Jetztwelt. Auch ist in der Aufeinanderfolge ihrer Blüthenformen ein Fortschritt von der einfacheren schmuckloseren zur augenfälligeren Gestaltung zu erkennen. Einhüllig blühende Dicotyledonen mit einfacher gering entwickelter Blüthenhülle, Apetalen, *Monochlamydeae* — unter ihnen namentlich Kätzchenblüthler, *Amentaceae* — stehen in der Dicotyledonen-Flora der Kreide-Epoche noch im Vordergrund. Offenblüthige Polypetalen treten neben ihnen in geringerer Zahl auf. Gamopetalen mit rohrförmig verwachsener, dem Besuch bestimmter langrüsseliger Insecten angepasster Krone fehlen in der Kreide-Flora noch fast ganz und nehmen mit den nächstfolgenden Formationen allmählich zu.

Im Einklang damit steht auch die geologische Geschichte der blüthenbesuchenden, namentlich der honigschlürfenden Insecten, besonders der Bienen und Schmetterlinge, die in sicheren Resten erst in den tertiären Formationen fossil gefunden wurden, also frühestens etwa in der Kreide-Epoche entstanden sein mögen.

Wir können nach dieser scheinbaren Abschweifung wieder auf die oben gelegentlich schon berührte hypothetische Abstammung der Phanerogamen von Kryptogamen und die Entwickelung der einzelnen Classen bei den ersteren näher eingehen. Mit grösster Wahrscheinlichkeit leitet man die Abstammung der niederen

Phanerogamen von höheren Kryptogamen-Formen her und nimmt an, dass sich dabei der wohl ausgesprochene Generationswechsel der letzteren in den stufenweisen Vorgängen der Samenbildung mehr und mehr versteckte, ähnlich wie dies heute in der Entwickelungsweise der ungleichsporigen Gefäss-Kryptogamen noch in einem gewissen Grad zu beobachten ist. Die Lücke kann dabei zwischen letzteren und den Gymnospermen, aber auch in anderen die Moose mit den Gymnospermen verbindenden dermalen erloschenen Mittelformen gesucht werden. Der heutige Bestand des geologischen Archivs, im Besonderen für das silurische und das devonische Gebiet gewährt darüber keinen entscheidenden Aufschluss.

Die Gefäss-Kryptogamen bezeichnen gegenüber den Moosgewächsen die mehr oder minder hoch in die Luft emporsteigende Stammbildung der zweiten oder sporenbildenden Generation, wobei die Befruchtung der Archegonien durch Spermatozoiden schon einer ersten Generation zufiel. So ist es namentlich noch bei den Farnen und Equiseten, bei welchen die Befruchtung auf dem flach dem feuchten Boden aufliegenden Prothallium vor sich ging. Diese Stufe mag wohl lange Zeit genügt haben. Aber mit dem nachmaligen Anwachsen der dem Land- und Luftleben angemessenen Charaktere, namentlich dem weiteren Vorwiegen der zweiten oder stammbildenden Generation war auch der Anstoss zu einer dementsprechenden Umgestaltung der Prothallium-Stufe gegeben. Das Prothallium verringerte sich dabei allmählich. Die Sporenbildung verschiedentlichte sich in eine männliche und eine weibliche Seite. Die männlichen Sporen blieben sehr klein und sehr zahlreich. Ihr Prothallium blieb eingeschlossen und winzig klein. Die grösseren weiblichen Sporen oder Makrosporen entwickelten ebenfalls nur noch ein unansehnliches Prothallium, welches mit der Sporenhaut stets in Verbindung bleibt und gewöhnlich nur in Kappenform aus ihrem aufgerissenen Scheitel hervorschaut. Soweit rückte der Vorgang der Umgestaltung mit den ungleichsporigen Gefäss-Kryptogamen, *Cryptogamae vasculares heterosporae*, wie sie uns jetzt z. B. in den Selaginellen vorliegen.

An diese schloss sich eine dritte Stufe an, die nicht mehr in der Flora des heutigen Tages vertreten ist. Dies war die hypothetische Mittelstufe, welche den Uebergang von den ungleichsporigen Gefäss-Kryptogamen zu den Gymnospermen oder nacktsamigen Phanerogamen vermittelte. Zunächst blieben die grossen weiblichen oder Makrosporen an ihrer Knospungsstelle auf der stammbildenden oder zweiten Generation festsitzen. Dann wurden die zahlreichen winzigen Mikrosporen oder männlichen Sporen vom Winde verweht. Dabei konnten deren auf die auf der Mutterpflanze festsitzenden Makrosporen gelangen und diese befruchten. Die Spermatozoidenbildung verlor sich dann, die Mikrosporen setzten sich in Pollenkörner um. Damit entstand eine neue Pflanzenform, die der Land- und Luftpflanzen, deren Befruchtung der Wind vermittelte und deren weibliches Prothallium sich auf ein winziges Organ — den Embryo-Sack und die Archegonien *(corpuscula)* — einschränkte.

Damit vollzog sich dann der Uebergang von den ungleichsporigen Kryptogamen zu den gymnospermischen Phanerogamen. Es gingen daraus Gewächse hervor, die besser als erstere zur Besiedelung trockener Festlandgebiete, namentlich der Gebirgsgegenden befähigt waren und in diesen wohl auch bald grosse Waldungen bildeten. Dies waren Windblüthler, *plantae anemophilae*.

Dieser älteste Ursprung der Gymnospermen ist aus dem geologischen Archiv nicht zu erweisen. Er kann in der silurischen oder zu Anfang der devonischen Epoche vermuthet werden.

Es ist aber auch möglich, dass die unbekannten Mittelformen näher von den Muscineen ausgingen, wozu die im devonischen System fossil erhaltenen einen Holzstamm bildenden Aphyllen (Vergl. II, pag. 244) herangezogen werden können. Der Vorgang verlief dann ähnlich aber etwas anders.

Die beiläufig so entstandene neue Abstufung der Pflanzenform, die Gymnospermen oder nacktsamigen Phanerogamen, in der heutigen Flora noch durch Cycadeen und Coniferen vertreten, begreift nunmehr stammbildende Landpflanzen, Windblüthler mit getrennt-geschlechtlichen Blüthen *(flores diclini)*. Ihre männlichen Blüthen erzeugen nur Pollenkörner, die die Stelle der Mikrosporen vertreten, aber keine Spermatozoiden mehr bilden, sondern durch den Wind der weiblichen Blüthe zugeweht, auf diesen unmittelbar — unter Aussendung eines gestreckten Schlauchs — die Befruchtung vollziehen. Ihre Blüthen sind noch sehr unansehnlich, ihre Blüthenstände meist noch zapfenartig und denen der Lycopodien und Selaginellen ähnlich, ihre Samen noch nackt.

Aus den Gymnospermen ging in der Folge durch weitere Vervollkommnung der weiblichen Blüthen — besonders durch weiteres Schwinden ihres Makrosporen-Charakters, sowie durch die Ausbildung eines die Samenknospe umschliessenden Fruchtknotens *(ovarium)* — die höchste Stufe des Pflanzenreichs, die grosse Hauptclasse der Angiospermen — mit den Monocotyledonen und den Dicotyledonen — hervor.

Von ihnen treten die Monocotyledonen vielleicht bereits in der Steinkohlen-Epoche, die Dicotyledonen erst in der Kreide-Epoche in das geologische Archiv ein. Ihre Reste sind während einer langen Reihe von Schichtenbildungen nur fragmentarisch erhalten und namentlich kennt man aus diesen frühen Zeiten keine Blüthen, auch nur wenig von Blüthenständen, Samen und Fruchtständen.

Dagegen ist deutlich zu erkennen, wie beiläufig von der Kreide-Epoche an unter den Dicotyledonen die Wirkungen des Wechselverhältnisses zwischen Blüthen und blüthenbesuchenden Insecten mehr und mehr in den Vordergrund traten und zur Entstehung neuer Ordnungen, Familien und Gattungen Anlass gaben.

Ein oder zwei Blattkreise von mehr oder minder noch deutlichen Blättern versehen bei den Blüthen der Dicotyledonen während der Knospenzeit den Dienst einer Schutzhülle der inneren oder geschlechtlichen Blüthentheile und dann während der Blüthezeit den Dienst einer mehr oder minder weithin leuchtenden, die Insecten heranlockenden Fläche. Diese Gestaltung der umhüllenden Blüthentheile zeigt die mannigfachsten Abstufungen sowohl in fortschrittlicher Richtung als gelegentlich auch unter Eintritt von Verkümmerungen.

Bei manchen Blüthen erscheint nur ein einziger Blattkreis, die Blüthenhülle oder das Perigon. Er leistet dann nacheinender beide gedachte Dienste. Dies sind die einhüllig blühenden Gewächse, *Monochlamydeae*, wie z. B. die Kätzchenblüthler, *Amentaceae* u. a.

Bei der Mehrzahl der Dicotyledonen theilen sich die beiden unter den wesentlichen Blüthenorganen stehenden und mehr oder minder von einander verschiedenen Blattkreise in die beiden Verrichtungen. Dies sind die zweihüllig blühenden Gewächse, *Dichlamydeae*, zu denen namentlich alle grossblumigen Dicotyledonen gehören.

Der äussere Blattkreis oder Kelch, *calyx*, dient bei ihnen während der Knospenzeit als Schutzhülle und setzt auch wohl noch während der Blüthezeit mehr oder minder diese Verrichtung fort. Die Blätter dieses äusseren Kreises sind im All-

gemeinen grün und oft derb, von gewöhnlichen vegetativen Blättern in der Regel noch nicht sehr verschieden — vom Einfluss des Insectenbesuchs unberührt geblieben. Der äussere Blattkreis oder Kelch umhüllt einen zweiten etwas höher an der Blütenachse stehenden, die Blumenkrone, *corolla*, die während der Blüthezeit als eine die Insecten anlockende, oft weit ausgebreitete und meist grell oder bunt gefärbte Fläche — also gleichsam als Aushängeschild — dient.

Ueberhaupt bildet die Blumenkrone gewöhnlieh den am meisten auffallenden dem Auge von weitem sich aufdrängenden Theil der Blume und diese Rolle spielt sie namentlich auch gegenüber den die Luft durchfliegenden und ihre Nahrung suchenden Insecten. Die Grösse und lebhafte Färbung der Blumenkrone zeigt den umhertreibenden Insecten von weitem schon den Weg nach einer ergiebigen Lagerstätte, wo sie Blüthenstaub und Honig aufsammeln können. Dabei besorgen dann ihrerseits die Insecten die Befruchtung, sei es nun in der einzelnen Blüthe, sei es unter Uebertragung des Pollens von der einen zur anderen Pflanze derselben Art. Dieser Insecten-Besuch, — ursprünglich blos auf Raub berechnet, besonders auf Pollen-Raub, daher zu Anfang auch den Blüthen nur schädlich, gestaltete sich in der Folge vielfach denselben nützlich, indem er die Befruchtung begünstigte und dadurch auch die Vermehrung und Erhaltung der betreffenden Pflanzen-Arten verbürgte. Zu dem solchergestalt eröffneten Bundesverhältniss zwischen gewissen Insecten und gewissen Blüthen mögen bald neue Umgestaltungen auf der einen, bald auf der anderen Seite zugetreten sein, die das Band enger knüpften. Bei den Blüthen stellten sich Honigdrüsen oder Nectarien ein. Dabei wurde die Blumenkrone bald durch Ausbreitung und hervorleuchtende Farbe, bald durch Annahme täuschender fremder Gestalt (Vermummung, *mimicry)*, bald durch Ausbildung mannigfacher den Besuch und Einfluss gewisser Insecten zum grösseren Vortheil der Pflanze regelnder Einzelheiten weiter ausgebildet und damit der Grund zu zahlreichen neuen Verzweigungen der Dicotyledonen-Classe gelegt.

Der erste Anfang dieser Vorgänge ist in der Angewöhnung von Insecten an den Genuss des Pollens von Windblüthlern, z. B. Amentaceen, zu suchen und es ist überhaupt anzunehmen, dass alle Blumenpflanzen — namentlich der Dicotyledonen-, aber in ähnlicher Weise auch der Monocotyledonen-Abtheilung — ursprünglich Umgestaltungen bestimmter Windblüthler sind und dass bei dem ganzen Vorgang gewisse Insecten wesentlichen Antheil nahmen, aber auch zum Theil in dessen Verlauf selbst ihre Folgen davon trugen, wie z. B. namentlich die Honigbienen und die Schmetterlinge.

Dass eine Anzahl von Blumen in seltsamer Weise fremdartige Gestalten, namentlich Thiergesichter, Rachen, Schmetterlinge und einige andere Insecten nachahmen, ist schon vor vielen Jahren aufgefallen und hat auch mehrfach in der botanischen Nomenclatur seinen Ausdruck gefunden. Es ist nunmehr als sicher anzunehmen, dass das Alles dem Wechselverhältniss zwischen Blüthe und Insectenbesuch seine Entstehung dankt und die Nachahmung thierischer Gebilde seitens der Blüthen auf ein passendes Aushängeschild behufs gesteigerten Fremdenbesuchs herauskommt.

Wir wenden uns nun im Besonderen zur ersten, den Gefässkryptogamen noch am nächsten verwandten Hauptclasse der Phanerogamen, den Gymnospermen oder nacktsamigen Blüthenpflanzen, *Gymnospermae*. (Vergl. pag. 3.)

Sie sind alle noch diclinisch (getrennt-geschlechtlich, den Linnéschen Classen XXI *Monoecia* und XXII *Dioecia* angehörig). Ihr Blüthenstand ist in der Regel

zapfenförmig, bei Cycas der weibliche Blüthenstand nur ein Stück eines gefiederten Fruchtblattes, welches weiter oberhalb noch eine fiederspaltige mehr oder minder wedelartige Spreite entwickelt. Die weiblichen Blüthen tragen nackte Samenknospen, die entweder frei an der Achse oder am ausgebreiteten Fruchtblatte stehen. Die Samen sind daher auch noch nicht von einem oder mehreren Fruchtblättern, die einen zusammengewachsenen Behälter (Fruchtknoten, Eierstock) bilden, eingeschlossen. Alle Gymnospermen sind Windblüthler oder Anemophilen. Der Blütenstaub oder Pollen fällt unmittelbar auf die nackte Samenknospe und erreicht durch den Knospenmund die Archegonien *(corpuscula)* und die Eizelle. Hier ist noch Manches sehr ähnlich wie bei den heterosporen Gefässkryptogamen. (Es fehlt noch der Fruchtknoten mit Narbe und Pistill. Es fehlt daher auch noch die wahre Frucht, die erst bei den Angiospermen sich aus Samen und Fruchtknoten bildet.)

Aus dem zapfenförmigen spiralig gebauten Blüthenstand geht ein ähnlich gestalteter Samenstand (»Fruchtstand«) hervor. Er besteht aus einer Achse (Spindel), aus Samen, Fruchtschuppen oder Zapfenschuppen und zum Theil auch noch Deckblättern oder Bracteen. Es kommen aber auch noch mannigfache Umgestaltungen, z. B. beim Wacholder eine beerenartige Bildung des Samenzapfens vor.

Zu den Gymnospermen gehören in der Flora der Jetztwelt nur drei Klassen und zwar nur festlandbewohnende Holzgewächse, die Cycadeen, Coniferen und Gnetaceen. Von diesen entbehren die Cycadeen und Coniferen noch das Perigon der Blüthe, das erst bei den Gnetaceen sich einstellt, die damit höher gestellt erscheinen.

Nach allen diesen Charakteren der generativen Organe, stellen die Gymnospermen die niederste Abtheilung der Phanerogamen dar und folgen zunächst auf die ungleichsporigen Kryptogamen (Rhizocarpeen, Isoëten, Selaginellen). Man leitet mit aller Wahrscheinlichkeit von älteren Vorläufern der letzteren ihre Abstammung her. Sie sind auch in geologischer Hinsicht die ältere Abtheilung der Phanerogamen.

Sie beginnen zur Zeit der Vorherrschaft der Farnen, Calamophyten und Lepidophyten — schon im Devonischen und Steinkohlensystem. Aber ihre mannigfachste Ausbildung und ihre ausgedehnteste Verbreitung folgt erst in der Secundärperiode, wo sie die — vom Rothliegenden an rasch in den Hintergrund tretenden — Gefässkryptogamen weit überflügeln. Sie sind daher besonders charakteristisch für die Secundärperiode und namentlich für die Trias und den Jura, aber auch wohl noch für das Kreidesystem — wie die Gefässkryptogamen für die primäre oder paläozoische Periode — und die Dicotyledonen für die tertiäre Periode und bis zum heutigen Tage. Schwankend steht die Wage der Entscheidung zwischen Gymnospermen und Dicotyledonen während der Kreide-Epoche.

Die Entstehung der Cycadeen und Coniferen fällt also schon in eine sehr frühe Epoche und ihr fossiles Auftauchen in eine Stufe, deren Gesteinsablagerungen in der Regel arm an Resten von Festlandbewohnern sind und nur sehr selten auch zartere Organismenreste noch erhalten haben. Coniferen finden sich spärlich schon in devonischen Schichten z. B. *Aporoxylon* und dann reichlicher im Steinkohlengebirge. Cycadeen zeigen sich in letzterem zuerst und noch spärlich. Ihre Entstehung mag also in das devonische, wenn nicht schon in das silurische Zeitalter fallen.

Immerhin spielen sie bis in die permische Epoche gegenüber den Gefässkryptogamen eine untergeordnete Rolle, was zum Theil auf Rechnung der damaligen Vermoorung ausgedehnter Niederungen kommt. Erst nach dem Schwinden der Sigillarien und Stigmarien und besonders von der Trias an gewinnen sie den Vorrang. Coniferen sind besonders in der Triaszeit, Cycadeen neben ihnen besonders in der Jurazeit reichlich vertreten, auch noch in der Wealdenstufe.

Um die Zeit der ersten Ausbildung der Gymnospermenform mag die Zahl der Ordnungen und Familien grösser, ihre Ausprägung aber schwankender gewesen sein. Manche Botaniker ziehen hierher noch die nach ihrer systematischen Stellung nicht ganz sicher abzuschätzenden und längst wieder erloschenen Nöggerathien, die wir vorerst abhandeln wollen. Man hat diese anfänglich zu den Monocotyledonen (Palmen) gestellt und schwankt jetzt noch zwischen Cycadeen — oder überhaupt Gymnospermen — und Farnen (etwa Ophioglosseen). In der heutigen Flora besteht kein Typus mehr, der darüber Aufschlus gewähren könnte.

Noeggerathia mit der typischen Art *N. foliosa* Stb. aus der Steinkohlenformation von Radnitz u. a. O. in Böhmen stellt gefiederte Blätter mit am Grunde verbreitertem Stiel und nach vorn aufgerichteten Fiederblättchen dar. Die Blättchen sind oval-spatelförmig oder oval-rhombisch, am Oberrand fein gezähnelt, am Grunde verschmälert. Sie führen feine, vom Grunde her ausstrahlende, fast parallele Nerven. Diese sind nahe über dem Grunde undeutlich gegabelt, weiter nach vorn unter einander fast gleich stark, am Vorderrand in Zähnchen vorstehend. Diese sowohl an Cycadeen als auch an Palmen aber auch gewisse Farnen erinnernden Fiederblätter tragen an den unteren Blättchen eine grössere Anzahl nicht näher zu deutender Früchte, die vielleicht Sporenfrüchte darstellen, vielleicht auch nackte Samen sind. In der heute lebenden Flora giebt es keine Gewächse, denen man diese Nöggerathien zunächst anschliessen könnte. Es hängt daher vom Fund deutlicherer fructificirender Fiedern ab, ob man sich für Cycadeen oder für Farnen zu entscheiden hat oder vielleicht für eine besondere Gymnospermenordnung *Noeggerathiaceae*, wie letzteres namentlich von Brongniart vorgeschlagen wurde, der die Nöggerathien zwischen Cycadeen und Coniferen stellte.

Die Nöggerathien sind in der Steinkohlenformation am meisten verbreitet und reichen aus derselben noch ins Rothliegende. Man trifft aber auch schon ähnliche Pflanzenreste in devonischen Ablagerungen. Diese devonischen Vertreter sind minder umschrieben. *N. foliosa* Sternb. findet sich in der oberen Abtheilung des Steinkohlensystems von Böhmen, besonders zu Radnitz.

Die Cycadeen, *Cycadeae*, stellen in der Flora der Jetztwelt eine wenig zahlreiche aber gut abgegrenzte Classe von meist tropischer Verbreitung dar, spielen in den älteren geologischen Epochen — von der Steinkohlenbildung an — eine weit bedeutendere Rolle und nehmen an der Verschiebung vom Polargebiet zum Aequator in ausgesprochener Weise Antheil. Sie verhalten sich in geographischer und geologischer Verbreitung also sehr ähnlich wie die Baumfarnen und die Palmen, mit denen sie zugleich in der äusseren Tracht grosse Aehnlichkeit haben. Man hat sie in Bezug darauf auch »Palmfarnen« genannt.

Ihre Achse, ein einfacher schlanker Stamm oder ein dicker niederer Strunk, trägt am Scheitel eine buschige Krone von grossen Fiederblättern, was ihnen eine physiognomische Aehnlichkeit mit manchen Baumfarnen, namentlich aber mit Fiederpalmen verleiht. Auch haben sie mit solchen das fast ausschliessliche

Scheitelwachsthum *(vegetatio terminalis)* gemeinsam. Dazu kommt, dass die Blätter der Cycadeen meist zu Anfang in Schneckenform eingerollt erscheinen, was sie mit denen der Farnen gemeinsam haben. So sehr dieser ähnliche Habitus sich auch auf den ersten Anblick in den Vordergrund drängt, erweisen sich doch die Cycadeen nach den wesentlicheren Charakteren, namentlich nach dem Bau von Stamm, Blüthe uud Samen als weit näher mit den Coniferen verwandt, von denen sie physiognomisch so sehr abweichen. In embryologischer Hinsicht aber schliessen sie sich mit letzteren zunächst an die heterosporen Gefässkryptogamen an, von denen sie sowohl im Stamm- und Blattbau als in der ganzen äusseren Tracht weit abstehen. Von diesen dürften sie schon in einer sehr frühen geologischen Epoche sich abgezweigt haben. Aber Mittelformen sind fossil nicht erhalten.

Heute sind die Cycadeen in etwa 80 oder 90 Arten, die sich in mehrere Gattungen und Familien vertheilen, über die Tropenzone und die anstossenden warmen Regionen verbreitet, so besonders Cycas in der heissen Zone von Asien, Australien und Afrika, *Zamia* im tropischen Amerika, *Encephalartos* und *Stangeria* im südlichen Afrika. Sie reichen im Ganzen genommen minder weit als Baumfarnen und Palmen gegen die gemässigte Zone, auf der nördlichen Halbkugel nur zu 32 und 33° Br. Europa, während der Secundärepoche reich an Gattungen und Arten der Cycadeen, hat deren letzte Arten gegen Ende der Miocänepoche eingebüsst. Heute hält man sie bei uns oft in Warmhäusern, keine Art erträgt unsern Winter. Das südliche Japan hat noch Cycadeen, auf den nördlicheren Inseln fehlen sie schon. So auch auf der Insel Sachalin und diese besass deren noch während der Miocänepoche. Die Verschiebung der Cycadeen gegen den Aequator hin vollzog sich also im nördlicheren japanesischen Gebiet ähnlich wie in Europa mit Schluss der Miocänepoche.

Hervorragender war ihre Bedeutung während der Secundär-Periode. Namentlich sind Blätter von Cycadeen *(Pterophyllum)* häufig in Schichten der Lettenkohle und des Keupers. Während der Jura-Epoche waren Cycadeen in vielen Gattungen und Arten entwickelt. Sie bestimmten damals zusammen mit den Coniferen den Charakter der Waldungen, wie z. B. auch die Durchschnitte der Waldschichten oder *dirt beds* auf der Insel Portland dies erweisen. Auch während der Wealden- und Kreide-Epoche waren Cycadeen in Europa noch ziemlich reichlich verbreitet, aber im Verlaufe der tertiären Epoche verloren sie sich gemäss der zunehmenden polaren Abkühlung allmählich aus diesem Gebiete und erhielten sich seither nur in wärmeren Zonen, wo sie auch jetzt keine namhafte Rolle mehr spielen.

Bronn 1849 führte gegen 90 fossile Cycadeen-Arten auf, seither ist ihre Zahl noch bedeutend gewachsen und soll gegen 250 oder 300 bereits betragen, von denen die meisten nur nach ihren Wedeln bekannt sind.

Der Stamm der Cycadeen ist in der Regel einfach, bald schlank-walzenförmig bald knollenartig verkürzt, selten über 3 oder 4 Meter hoch und äusserlich denen der Baumfarnen oft sehr ähnlich. Nur selten ist der Stamm gegabelt, öfter treibt er am Grunde Sprossen. Er zeigt nur ein sehr langsames Längenwachsthum. Er besteht aus einem Markcylinder, einer Holzröhre mit Markstrahlen und einer starken Rinde, um welche häufig noch ein Panzer von sitzenbleibenden Blattstielbasen folgt. Der paremchymatische Markcylinder ist sehr dick. Er führt oft (wie bei *Encephalartos)* eine Anzahl unter einander vernetzter Gefässstränge.

Der Holzkörper wächst bei *Cycas* nur langsam und unregelmässig. Er bildet nur wenige Röhrenschichten, die keine Jahresringe darstellen und an Zahl weit hinter dem Jahresalter des Stammes zurückbleiben. Dieser Holzkörper besteht —

wie der der Nadelhölzer — aus mehr oder weniger weiten Tracheiden oder gefässartigen Prosenchymzellen, die getüpfelt, gestreift, netzförmig oder leiterförmig sind. Die einzelnen Schichten trennt ein parenchymatisches Gewebe von lockerer markähnlicher Beschaffenheit. Den Holzkörper durchsetzen ausserdem zahlreiche dicke Markstrahlen.

Die dicke parenchymatische Rinde enthält zahlreiche Harz- und Gummi-Gänge und wird zugleich von den Gefässsträngen durchsetzt, die in die Blattstiele verlaufen. Darum liegt häufig noch ein Blattstiel-Panzer. Die Basen der Blattstiele bleiben hier festsitzen, bilden einen dicken Panzer um die Rinde und dieser bildet sich sogar noch weiter aus. Mit dem Alter der Stämme löst sich der Panzer von unten her ab und geht allmählich in Stücke. Dann erst wird die eigentliche Rindenoberfläche frei und auf ihr werden nun die in die Quere gezogenen Narben der Blattstielbasen sichtbar. So bei *Cycas*.

Die Blätter oder Wedel der Cycadeen bilden am Gipfel des Stammes eine palmenähnliche Krone. Sie sind gross und gefiedert, lederartig, ziemlich steif und mehrjährig, dicht und spiralig gestellt. Sie sind (mit Ausnahme einer einzigen lebenden Art) nur einfach gefiedert. In der Knospenlage oder Vernation sind sie oft wie die der Farnen schneckenförmig eingerollt. So bei der Gattung *Cycas* die Fiederblättchen. Bei den meisten Arten gliedern sie sich mit dem Alter über der verbreiterten Spindel-Basis ab, wobei die letztere als sogen. Blattkissen *(Phyllopodium)* sitzen bleibt und mit der Rinde des Stammes länger fortlebt. Die Fiederblättchen zeigen verschiedene Arten der Nervation, bei den meisten Arten treten mehrere gleichstarke Nerven aus der Spindel in dieselben und bleiben bald einfach, bald gabeln sie sich. Bei einigen Arten gliedern sich auch die Fiederblättchen mit dem Alter von der Spindel ab. Die grossen Fiederblätter oder Wedel wechseln meist regelmässig mit kleinen schuppenförmigen ungestielten Blättchen (Niederblätter, *Squamae)*.

Was die Blüthen betrifft, so sind die Cycadeen zweihäusige oder diöcische Gewächse d. h. männliche Blüthen (Staubblattblüthen) und weibliche Blüthen (Samenknospen) stehen auf verschiedenen Stöcken. (Linné's Classe XXII. *Dioecia)*. Beide Blüthenarten erscheinen immer am Gipfel des Stammes in der Mitte der Blattkrone und stellen gewöhnlich endständige spiralig gebaute Zapfen dar. Diese beiderlei Blüthen entbehren noch einer besonderen Hülle oder des Perigons. Die Achse des Blüthenstandes ist in einem Falle dicht mit schuppenförmigen Staubblättern *(stamina)* besetzt, welche sich dachziegelig decken und an der Unterseite zahlreiche oft in Gruppen gestellte Pollensäcke oder Pollenfächer tragen. Im andern Falle trägt sie schildförmige Fruchtblätter (Carpellen), welche die nackten Samenknospen ebenfalls an der Unterseite entwickeln. Oder es erscheint wie bei *Cycas* die weibliche Blüthe als gefiedertes Blatt, an dessen unterem Theil die Spindel statt der Fiederblättchen randständige Samenknospen führt, während der obere Theil noch ziemlich wedelartig sich erhält.

Der Samenstand (Fruchtstand) ist der weiblichen Blüthe ähnlich, also meist ein spiralig gebauter Zapfen und nur bei *Cycas* einem Wedel ähnlich.

Der Samen ist ziemlich gross und oval oder kugelig. Er besitzt eine äussere fleischige und eine innere harte Schale, erscheint also steinfruchtartig durch Verholzung der Innenschicht der Samenschale.

Der Samen keimt mit zwei ungleich grossen Keimblättern (Cotyledonen).

Die Cycadeen der heute lebenden Flora zerfallen in vier Familien *Cycadeae*,

Encephalarteae, *Stangerieae* und *Zamieae*, von welchen die *Cycadeae* und *Zamieae* auch fossil reichlich vertreten sind.

Die Familie *Cycadeae* mit der Gattung *Cycas*, etwa 15 lebende Arten zählend, ist ausgezeichnet durch die Fiederform der weiblichen Blüthe. Männlicher Blüthenstand länglich, zapfenförmig, mit keilförmigen Schuppen. Die Blätter sind gross, in zahlreiche Fiederblättchen getheilt. Die letzteren lang, schmal lanzettlich, einnervig und glattrandig, der Blattspindel *(Rachis)* seitlich eingefügt. Die Knospenanlage des Blättchens ist wie bei den Farnen schneckenförmig eingerollt, die Blattspindel aber gerade. Der Stamm trägt einen starken Panzer von sitzen gebliebenen Blattstiel-Basen oder Phyllopodien mit quer-rhomboidalen Blattnarben. Er ist gewöhnlich in die Höhe gestreckt, in der Jugend noch knollenförmig.

Die Gattung *Cycas* ist jetzt in tropischen Regionen von Asien, den Sunda-Inseln, Australien und Afrika verbreitet und kommt auch noch im südlichen Japan vor. An 15 Arten lebend. Die in Ost-Indien lebende *Cycas circinalis* L. bildet 9—12 Meter hohe Stämme mit 2—3 Meter langen Blättern.

Die Familie der Cycadeen scheint die ältesten fossil bekannten Reste der Cycadeen-Classe, die in Steinkohlen-Schichten vorkommen, zu umfassen und in Europa bis zur Kreide-Epoche sich erhalten zu haben. Die generischen Bestimmungen sind aber noch von unvollständiger Art. Gefiederte Blätter, *Cycadites*, die mit solchen der lebenden Gattung *Cycas* nahe übereinstimmen, finden sich schon in der Steinkohlenformation, reichlicher in Lias, Jura und Wealden. Dazu kommen Funde von männlichen Blüthenzapfen mit noch deutlich erkennbaren Pollensäcken — dann langgestielte Fruchtblätter mit fiedertheiliger Spreite und mit Stielen, an denen man noch die zweireihigen Samennarben erkennt, also Reste weiblicher Blüthen, die denen der Gattung *Cycas* im Wesentlichen gleichstehen — endlich auch vereinzelte Samen. Daraus ergiebt sich eine vielleicht zum Theil generische Identität der fossilen *Cycaditen* mit dem noch lebenden Genus *Cycas* oder wenigstens doch deren unmittelbare Verwandtschaft.

Man kennt unter den fossilen Cycadeen-Stämmen auch solche mit Blattbasen-Panzer, die an jene von *Cycas* nahe erinnern. BUCKLAND nannte diese *Cycadoidea*.

Die Familie *Encephalarteae* mit vier Gattungen — *Encephalartos* mit etwa 8—10 Arten im südlichen Afrika, *Macrozamia* u. a. — hat theils breitere, theils schmale lanzettliche Fiederblättchen. Die Nerven derselben sind zahlreich und theilweise gegabelt. Der Rand der Blättchen oft mit dornartigen Zähnen besetzt.

Man kennt eine fossile *Encephalartos*-Art im Miocän von Kumi auf Euböa, 38° n. Br. Die nördlichste Art dieser jetzt nur noch in Afrika verbreiteten Gattung wächst heute an der Küste Zanzibar. Diese fossile Art ist eine der letzten europäischen Cycadeen.

Die Familie *Stangerieae* mit nur einer einzigen Art *Stangeria* im tropischen Afrika hat einen medianen Hauptnerven und theils einfache theils gegabelte Seiten-Nerven, die am Rand der Blättchen in Zähnchen auslaufen. Diese Fiedern erinnern an Farnenlaub *(Taeniopteris)*. Man kennt noch keine fossilen Stangerien.

Die Familie *Zamieae* gehört der tropischen und der subtropischen Region von Amerika an und begreift drei Gattungen. Die wichtigste ist *Zamia* mit etwa 30 bekannten lebenden, meistens tropischen Arten.

Bei *Zamia* ist der Stamm meist kurz und in der Mitte verdickt, oft fast kugelig, hin und wieder auch unterirdisch. Die Fiederblättchen sind bald mehr lineal, bald mehr lanzettlich elliptisch und am Rande oft fein gezähnelt. Sie sitzen an der Oberseite der Spindel der Rinne entlang. Mit dem Alter gliedern

sie sich ab. Die Nerven dieser Fiederblättchen sind zahlreich und gehen ein wenig auseinander. Sie endigen in den Randzähnchen. Die männlichen und weiblichen Blüthen oder die sogen. Blüthenstände sind mit sechsseitigen schildförmigen Schuppen oder Carpellen versehen.

Fossil kennt man zwar noch keine sicheren Zamien, wohl aber eine Anzahl analoger mehr oder minder nahe verwandten Formen, die zum Theil derselben Familie angehören mögen.

Namentlich kennt man aus Jura- und Wealden-Schichten die gestielten eiförmigen Fruchtzapfen von mehr oder minder grosser Aehnlichkeit mit denen der heutigen Zamien. Sie tragen schildförmig verbreiterte und sechseckige Zapfenschuppen (Fruchtblätter). An der unteren Seite führen diese letzteren zwei oder einen Samen. Man bezeichnet solche Fruchtzapfen mit dem Namen *Zamiostrobus*.

An die Zamien reihen sich noch eine Anzahl von fossilen namentlich in Lias, Jura und Wealden verbreiteten Gattungen, von denen man nur die gefiederten Blätter kennt.

Zamites begreift kleinere oder mittelgrosse Blätter, die sich im Alter losgliedern. Die Fiederblättchen sitzen mit einer schwieligen Verdickung an der Oberseite der Blattspindel angeheftet. Sie sind länglich-lanzettlich, vorn zugespitzt, am Grunde etwas zusammengezogen und verschmälert. Die Nerven sind theils einfach, theils gegabelt, die mittleren fast gleichlaufend und erst an der Blattspitze sich gabelnd. Diese Zamiten stehen den heutigen Zamien sehr nahe, ohne indessen ganz mit ihnen ident zu sein. Man kennt zahlreiche Arten von Zamiten, die meisten kommen in der Juraformation vor. *Zamites Feneonis* BRONG. gehört dem oberen Jura an, *Zamites arcticus* GOEPP. findet sich in der unteren Kreideformation von Grönland. In Europa erlischt *Zamites* mit einer miocänen Art.

An die Zamiten reihen sich noch eine Anzahl anderer fossiler, nur nach ihren gefiederten Blättern bekannter Cycadeen-Gattungen. Bei *Otozamites* zeigen die Fiederblättchen je nach den Arten alle Uebergänge von der lanzettlichen bis zur eirunden und einer nahezu kreisrunden Gestalt. Am Grunde sind sie ungleichherzförmig und überdecken, wo sie gedrängt stehen, die Blattspindel vollständig. Die Otozamiten sind oft nicht leicht von gewissen Farnen *(Odontopteris)* zu unterscheiden. Sie sind von der rhätischen Stufe (Baireuth, Bamberg) bis in den oberen Jura verbreitet. Zu dieser Gruppe gehören die kleinsten Formen von den bis jetzt bekannt gewordenen Cycadeen.

Leicht zu unterscheiden von anderen Wedeln sind die der Cycadeen-Gattung *Pterophyllum* an den vollkommen linealen, vorn abgerundeten oder abgestutzten Fiederblättchen, welche an den Seiten der Blattspindel ansitzen und einen fast rechten Winkel zu ihr bilden. Die Wedel sind gestielt und gliedern im Alter sich ab. Die Fiederchen stehen an einem und demselben Wedel bald paarig, bald mehr oder minder unpaarig. Ihre Nervation ist einfach, die Nerven sind zahlreich, ungetheilt, unter einander gleichlaufend. Pterophyllen-Wedel kennt man schon im Steinkohlengebirge und im Rothliegenden. Eine reichliche Entwickelung erlangt die Gattung in der Lettenkohlen-Stufe und im Keuper. Sie setzt sich durch die Jura-Formation fort und verliert sich in der Wealden-Stufe.

Die typische Art ist *Pteroph. Jaegeri* BRONGN. Die Wedel derselben sind vorwiegend unpaarig gefiedert, 32—48 Centim. lang und darüber. Der Stiel ist lang. Die Fiederblättchen sind zahlreich, jederseits des Blattstiels zu 50 oder

mehr, 2,5—5 Centim. lang und 3—4,5 Millim. breit. Diese Art findet sich häufig im Keuper, namentlich im mittleren oder grünen Keupersandstein von Stuttgart.

Eine andere wichtige Cycadeen-Gattung, ebenfalls fast nur nach den Wedeln bekannt, ist *Nilssonia*. Die Wedel sind lang, bald elliptisch lineal, bald beinahe bandförmig und meist fiederschnittig *(folia pinnatisecta)*. Sie sind bei einer und derselben Art oft unregelmässig abgetheilt, wodurch eine weitgehende Vielgestaltigkeit entstehen kann, bald mit gleichen, bald mit ungleichen Fiedersegmenten. Seltener sind die Blätter der Nilssonien vollkommen ganz. Die Nerven dieser Blätter und ihrer Segmente sind sehr fein, einfach und zahlreich. Zwischen je zwei Nerven bemerkt man noch einen besonderen denselben gleichlaufenden Streifen. (Man glaubte früher, dünnere und dickere Nerven wechselten ab.) In der Knospenlage sind die Blätter spiralig eingerollt. Die Blattfläche ist auf der Oberseite der Spindel befestigt (Unterschied von Pterophyllen). Die Gattung *Nilssonia* eröffnet in der rhätischen Stufe, in deren Süsswasserablagerungen, besonders in Franken und Schonen sie zuweilen einen Hauptbestandtheil der Vegetation bildet. In den höheren Jura-Schichten ist sie nur noch spärlich vertreten. Die letzten Nilssonien erscheinen im Miocän der Insel Sachalin (Ost-Asien). Ausser Wedeln kennt man hier auch noch den Samen derselben.

Zu den nach Wedeln, Blüthenständen u. s. w. bekannt gewordenen fossilen Cycadeen-Formen kommen noch eine Anzahl von Stämmen, namentlich aus Lias, Jura und Wealden. Man ist noch nicht im Stande, dieselben den auf Wedel u. s. w. gegründeten Gattungen zuzutheilen und muss sie daher vorläufig besonders abhandeln.

Am wichtigsten sind die von BUCKLAND unter dem Namen *Cycadoidea* beschriebenen kurzen und dicken, fast kugligen Cycadeen-Stämme aus dem sogen. versteinerten Wald oder den an Baumstämmen reichen Dammerde-Lagern *(dirt beds)* der Purbeck-Stufe des oberen Jura von Portland (Südküste von England, vergl. II, pag. 165). Sie kommen zusammen mit Coniferen-Stämmen vor, sind verkieselt und werden von den Steinbrucharbeitern »Krähennester« genannt. Die Stämme von *Cycadoidea* sind kurz und dick, bald ovalcylindrisch, bald oval-kegelförmig. Sie enthalten einen aus mehreren Ringen, bezw. Röhren, bestehenden und von zahlreichen Markstrahlen durchsetzten Holzkörper, der einen ansehnlichen Markcylinder umfasst. Diesen Stamm bekleidet zu äusserst noch ein stark entwickelter Blattbasenpanzer. Die auf diesem in ihrer Spiralstellung erhaltenen Blattnarben sind gross, mehr oder minder regelmässig quer rhombisch und an den Seiten meist scharf zugespitzt. Zwischen ihnen stehen hie und da noch einzelne Knospen-Narben. Diese Cycadoideen erinnern durch ihre allgemeine Form, sowie die Blattnarben und Knospennarben sehr nahe an die Stämme heutiger *Cycas*-Arten und dürften wohl derselben Familie angehören.

Die in der oberjurassischen Dammerde von Portland — an der Stelle ihres ursprünglichen Wachsthums — vorkommenden Cycadoideen erweisen sich als zwei verschiedene Arten, *Cycadoidea megalophylla*, BUCKL. (25—30 Centim. hoch und 38—40 Centim. dick) und *C. microphylla*. Die erstere Art zeigt grössere Blattnarben und ist die häufigere. Mit diesen Stämmen kommen in den *dirt beds* niemals die Wedel vor.

Merkwürdigen Bau zeigen die von COTTA unter dem Namen *Medullosa* beschriebenen verkieselten Holzstämme aus dem Rothliegenden von Chemnitz in Sachsen. Die meisten Palaeophytologen zählten sie, wenn auch oft mit Bedenken, zu den Cycadeen. Nach GÖPPERT's Deutung würde mit dieser Gattung der

Cycadeen-Typus die höchste Ausbildung der Struktur-Verhältnisse erreicht haben.

Medullosa stellata von Chemnitz zeigt einen ansehnlichen Holzkörper, der aus zwei oder drei concentrischen Lagen (oder im Querschnitt gesehen aus ebensoviel Ringen) besteht. Diese Holzlagen sind ausgezeichnet radial gestreift und von sehr zahlreichen Markstrahlen durchsetzt. Den äusseren Umfang bildete vermuthlich eine ansehnliche Rindenschicht. Der Holzkörper dieser *Medullosa* umfasst einen ansehnlichen Markcylinder. In diesem Markkörper erscheinen nun aber noch mehr oder minder zahlreiche cylindrische radial gebaute, wieder mit einem eignen Markcylinder versehene Holzachsen, gestrahlte Säulen, die in kleinerem Maasse den Bau des Stammes wiederholen, namentlich Holzplatten und Markstrahlen erkennen lassen. Es scheinen Gefässbündel zu sein, die wahrscheinlich höher oben den Holzkörper und den Rindenkörper durchsetzend, austraten.

Neuere Untersuchungen beziehen indessen die Medullosen überhaupt nicht auf Stämme, sondern auf Blattstiele von Farnen oder Cycadeen.

Hier wollen wir auch bemerken, dass die Calamiteen, die wir oben (II. pag. 253 *Calamitea striata* COTTA, *Calamodendron* BROGN.) bei den Calamiten einschalteten, nach vielen neueren Palaeophytologen eine neben den Cycadeen und Coniferen stehende besondere Gruppe der Gymnospermen darstellen.

Zu den schwer zu classificirenden Pflanzentypen der älteren Formationen gehören auch die Cordaiten, welche von den älteren Paläophytologen theils den Palmen, theils den Lycopodiaceen, theils den Cycadeen zugezählt wurden, aber wohl eher eine besondere den Cycadeen und Coniferen gleichstehende Classe der Gymnospermen darstellen, wie Letzteres namentlich der inzwischen bekannter gewordene Blüthenbau erweist.

Nach neueren Angaben waren die Cordaiten meistens ansehnliche Bäume mit starken verzweigten Stämmen. Der Stamm besass nur einen schwachen Holzcylinder, den aber eine dicke starke Rindenschichte umschloss. Die Holzstruktur schliesst sich der der Coniferen, namentlich der Araucarien und Araucariten an. Die Blätter waren ähnlich denen der heutigen *Dammara* (Fam. *Araucariaceae)* und denen mancher Monocotyledonen (wie *Yucca* und *Dracaena)* nämlich sitzend und langgestreckt, bald mehr bandförmig, bald mehr spaltenförmig, immer nach vorn etwas verbreitert, dabei steif, lederartig und zuweilen mehrere Fuss lang. Diese Blätter hatten keine Mittelrippe, aber zahlreiche parallele, vom Grunde bis zum Vorderende verlaufende Längsnerven. Der männliche und der weibliche Blüthenstand waren ährenförmig mit zweizeiliger Anordnung der mit kurzen Deckschuppen versehenen Blüthenährchen. Der Samenstand zeigt in jedem Blüthenährchen einen oder drei langgestielte nussartige, vorn zugespitzte Samen, die denen der Taxineen nahe kommen und eine harte Hülle (ein Steingehäuse) besassen. Hierher gehören mehrererlei Karpolithen wie *Cardiocarpus* u. a.

Die Cordaiten sind in der Steinkohlenformation und im Rothliegenden verbreitet. Sie verschwinden mit dem Zurückgehen der Sumpfvegetation der Sigillarien u. s. w. vom Schauplatz, wie es scheint, ohne Abkömmlinge zu hinterlassen. Einzelne Cordaitenblätter kennt man auch schon in obersilurischen und in devonischen Schichten.

Cordaites borassifolius wurde von STERNBERG für eine Palme gehalten und unter dem Namen *Flabellaria borassifolia* beschrieben. Sie ist häufig in der

Steinkohlenformation von Swina in Böhmen und kommt auch bei Saarbrücken vor. Die Blätter werden 0,3 bis 0,6 Meter lang. CORDA zeigte, dass sie nicht von Fächerpalmen herrühren können, sondern einfach und sitzend sind. Sie zeigen zwischen zwei stärkeren je einen feineren Nerven.

Den Cordaiten wollen wir die Trigonocarpen, die nach ihrer systematischen Stellung noch zweifelhaft und gleichfalls in der Steinkohlenformation und im Rothliegenden verbreitet sind, anschliessen. Es sind ziemlich grosse Früchte, die meist auf Monocotyledonen unbekannter Familie bezogen wurden. STERNBERG beschrieb sie als Palmenfrüchte. Andere Botaniker schrieben sie den Nöggerathien oder den Cycadeen zu. Es sind eiförmige, nussartige Früchte, mit sechs nach unten deutlicheren Längskanten, von denen gewöhnlich drei abwechselnd stärker entwickelt sind. Am breiteren Grunde erkennt man noch die Ansatzstelle des Fruchtstieles. Der Scheitel zeigt ein umgrenztes, sechseckiges Feld mit einer Vertiefung in der Mitte.

Trigonocarpum Noeggerathi STERNB. aus dem Thoneisenstein der Steinkohlenformation von Eschweiler, auch bei Saarbrücken vorkommend, wird 2—2½ Centim. lang und zeigt drei ausgeprägte Hauptkanten.

Die Coniferen oder Zapfenträger, *Coniferae*, auch Nadelhölzer, *Acerosae* genannt, stellen eine Parallellclasse der Cycadeen dar, halten sich aber auf einer etwas höheren Organisationsstufe als die letzteren und weichen von ihnen in der äusseren Tracht stark ab, in welcher Hinsicht sie mehr an gewisse Moose und Lycopodiaceen sich anschliessen.

Die Coniferen überhaupt sind nacktsamige Blüthenpflanzen, deren Blüthe (wie die der Cycadeen) noch kein Perigon besitzt, deren Stamm aber reichlich verzweigt ist und deren Blätter einfach, sehr häufig nadelförmig und — zum Unterschied von denen der Cycadeen — niemals gefiedert sind.

Sie stammen — zusammen mit den Cycadeen — wahrscheinlich von ungleichsporigen Gefässkryptogamen ab. Die vermittelnden Glieder müssten in den devonischen, wenn nicht schon in den silurischen Ablagerungen gefunden werden, sind aber bis jetzt noch nicht bestimmt nachgewiesen und vielleicht, wenn sie überhaupt fossil erhalten wurden, inzwischen wieder zerstört worden. In der heutigen Flora stellen sie eine sehr natürliche und gut abgegrenzte Classe dar, die namentlich von den zunächst verwandten Cycadeen sich scharf abschliesst. Keine der Gattungen lässt Zweifel, wohin sie zu zählen sei.

Die Coniferen sind nach geologischem Maasse eine sehr alte Classe, indem sie im devonischen System bereits durch Stammreste vertreten erscheinen, reichlicher noch im Steinkohlengebirge.

Die Familien der Classe nehmen im Verlauf der Formationen an Zahl zu, Araucarien erscheinen früher, Cupressineen, Taxineen u. s. w. später. Geologisch ältere und jüngere Typen treten in Gegensatz.

In der heutigen Coniferenflora fällt es auf, dass mehrere geologisch alte Gattungen nur noch in wenigen oder nur noch in einer Art fortleben. So *Gingko* oder *Salisburia* nur noch in einer einzigen Art in China und Japan, *Sequoia* oder *Wellingtonia* nur noch in zwei Arten, beide in Californien. Etwas zahlreicher an lebenden Arten ist die geologisch uralte Gattung *Araucaria*, aber sie sind weit versprengt und finden sich nur in den Tropen und in den gemässigten Zonen der südlichen Halbkugel. Andererseits hat man in derselben Classe auch das Beispiel einer in lebhafter Zunahme befindlichen, mit zahlreichen Arten über grosse Vegetationsprovinzen verbreiteten Familie. Es ist die der Abietineen mit

der besonders artenreichen und zwischen ihre Arten auch oft noch eine Anzahl nahe verwandter Varietäten einschaltenden Gattung *Pinus*, der zugleich wieder ein Paar nahe verwandte, erst nach LINNÉ's Zeit abgetrennte Gattungen, *Picea*, *Abies* u. a. zur Seite stehen.

Im devonischen System treffen wir die ältesten, wenn auch nur fragmentarischen, doch schon als sicher zu erachtenden Coniferenreste. So namentlich im Cypridinenschiefer von Thüringen Stammstücke der durch eigenthümliches Holzgewebe ausgezeichneten Coniferengattung *Aporoxylon*. Aus devonischen Schichten von Nord-Amerika erwähnt man Coniferenholz, wahrscheinlich zu *Araucarites* gehörig.

Im Steinkohlensystem, welches vom devonischen sich durch Einschaltung mächtiger Süsswasserablagerungen mit grossartig entfalteter Land- und Süsswasservegetation auszeichnet, sind auch die Coniferenreste häufiger. Die Araucariten erscheinen hier schon zahlreicher. Vertreten sind sie hier besonders durch verkieselte Stämme, die man als *Araucarites* oder als *Dadoxylon* bezeichnet und durch beblätterte araucarienartige Zweige, die man *Walchia* nennt, die aber vielleicht nur Zweige derselben Bäume sind, deren Stämme unter der Bezeichnung *Araucarites* gehen. Wahrscheinlich bildeten diese den heute noch lebenden Araucarien zunächst verwandten Nadelhölzer dazumal die Bewaldung der trockneren Gegenden und der Bergabhänge.

Dasselbe gilt auch noch vom Rothliegenden. Ein *Araucarites* bildet den von GÖPPERT beschriebenen, im Rothliegenden eingeschlossenen sogen. »versteinerten Wald« von Radowenz in Böhmen. Mit Schluss der Ablagerung des Rothliegenden trat eine öfter schon hervorgehobene Veränderung in der Landvegetation ein. Die herrschend gewesene Vermoorung der Niederungen verlor sich und an ihrer Stelle tauchen eine Anzahl neuer Pflanzengestalten hervor, die wohl länger schon existirten, aber bis dahin dem Einschluss in die Sedimentbildungen entgingen. Mit ihnen erscheinen die ersten Cupressineen. Ihnen gehört die den Cypressen nahestehende Gattung *Ullmannia* an. Die Ullmannien wuchsen namentlich am Rande der Meeresbucht, aus der sich der Kupferschiefer von Thüringen und Hessen ablagerte. Ihre beblätterten Zweige nannten die älteren Geologen »Frankenberger Kornähren«.

Im Buntsandstein wird die Gattung *Voltzia* häufig und bezeichnend. Von da an nimmt die Mannigfaltigkeit der Coniferentypen weiter zu. Die ersten Taxineen treten auf, die dahin gehörige Gattung *Gingko* oder *Salisburya* ist mindestens im mittleren Jura schon sicher entwickelt.

Hervorragend vertreten sind die Coniferen bei der im Verlauf der Tertiärepoche mit wachsender polarer Abkühlung der Erdrinde vor sich gehenden Verschiebung der arktischen Landflora in die niedrigeren Breiten von Amerika, Asien und Europa. Während der Miocän-Epoche hatten Grönland, Spitzbergen und andere hochnordische Festlandstrecken noch eine reichliche Coniferen-Bewaldung, in der die Gattungen *Sequoia*, *Taxodium*, *Gingko*, *Thuja*, *Pinus* u. a. mehr oder minder artenreich vertreten waren. Jetzt ist diese Coniferen-Flora um viele Breitengrade südlicher hinausgeschoben und ihre Arten oder ihre specifisch umgewandelten Nachkommen haben sich zum Theil nur auf einzelnen Radien des Zerstreuungsfeldes am Leben erhalten. *Taxodium distichum* RICH. die sogen. »virginische Cypresse«, in der Miocän-Epoche über Grönland, Spitzbergen und Alaska verbreitet, hat nur in Virginien ein Asyl gefunden. Die zwei heute allein noch lebenden *Sequoia*-Arten finden sich nur in Californien. *Gingko bilo-*

ba, in der Miocän-Epoche noch ein Bewohner von Grönland, hat sich inzwischen nach China und Japan zurückgezogen. *Thuja* lebt jetzt nur in Nord-Amerika, China und Japan. Den Nachtrab dieser Auswanderung der ehemaligen Waldvegetation des arktischen Gebietes bilden Abietinen, namentlich die Föhre, *Pinus sylvestris* L. die zusammen mit Birken die äussersten Waldungen in Lappland und Sibirien darstellt, während ihr etwas weiter südlich *Picea vulgaris* Lk. (die Rothtanne, *Pinus abies* L.) und andere Nadelhölzer derselben Familie sich anschliessen.

Die Coniferen verhielten sich also gegenüber der polaren Abkühlung unseres Planeten, theils ähnlich wie die Cycadeen, das heisst, sie erlagen derselben und erhielten sich nur in den wärmeren Regionen einer oder beiderseits des Aequators, wie *Araucaria*, *Gingko* u. a. Theils gewannen sie eine Anpassung an das zunehmend kühlere Klima und die Abwechslung von Wärme und Frost, wie es die Cycadeen nicht vermochten. Dies war besonders bei den Abietineen der Fall, deren jetzt in den gemässigten Klimaten reichlich vertretene Arten oder Artengruppen allem Anschein nach zu Anfang der Tertiärperiode im Nordpolargebiet entstanden und nachmals in allen Radien aus denselben hinausgeschoben wurden, wobei sie seither am neuen Standort auch weitere specifische Aenderungen noch erlitten haben können. Die Einzelheiten dieses ausgedehnten Vorganges sind selbstverständlich nur noch annähernd zu ermitteln, namentlich wo urweltliche Arten und Gattungen nur auf Fragmente gegründet erscheinen.

In der heutigen Festlands-Flora spielt die Classe der Coniferen, ungeachtet sie verhältnissmässig viele auf eine einzige letzte Art zurückgegangene — oder monotypische — Gattungen wie *Taxodium* und *Gingko* oder wenigstens artenarm gewordene Gattungen wie *Sequoia* und *Thuja* begreift, doch eine immer noch in mehreren Hinsichten sehr wichtige Rolle.

Die Artenzahl wird — namentlich in Folge der bei *Pinus* und andern Abietineen zwischen die Species reichlich eingestreuten Varietäten — verschiedentlich angegeben, zu 340, 400 und 420, wovon auf die Gattung *Pinus* etwa 90 kommen sollen. Die Verbreitung geht über alle Zonen, doch sind die Abietineen namentlich die *Pinus*-Arten am meisten in den kalten und gemässigten Klimaten der nördlichen Halbkugel zu Hause, die geologisch alten Genera aber weithin versprengt, namentlich die 5 heute noch lebenden Araucarien über die Aequatorialregion und die wärmere Zone der südlichen Halbkugel — gleich zerstreuten Flüchtlingen — vertheilt.

Die Mehrzahl der Coniferen bildet ausgedehnte Waldungen, namentlich in den gemässigten Klimaten, aber auch auf Gebirgen wärmerer Zonen, wobei eine oder einige Arten gewöhnlich die Herrschaft gewinnen und sonstigen Baumwuchs nicht aufkommen lassen. Dazu kommt oft ein riesenhaft hoher Wuchs und ein beträchtliches Alter der Individuen. *Sequoia gigantea* soll in Californien 60 bis 100 und angeblich 120 Meter Höhe erreichen.

Hierbei stehen Windblüthigkeit, Erzeugung zahlreicher kleiner, oft noch geflügelter Samen, örtliche Alleinherrschaft der Arten und schlanker Wuchs der Individuen häufig in unverkennbarem Causal-Zusammenhang. Auch in den älteren Epochen bildeten die Coniferen in ähnlicher Weise über gewisse trockene Festlandgebiete die Hauptvegetation, wie sich dies zuerst in einigen Sandsteinlagern der Steinkohlenformation und im Rothliegenden zeigt. Oft führen solche Sandstein-Ablagerungen von Fossilien kaum etwas anderes als verkieselte Coniferen-Stämme, diese aber zuweilen in Menge und in einzelnen Fällen noch in der ursprünglichen aufrechten Stellung. (Vergl. Seite 20.)

Die Nadelhölzer sind alle Festlandbewohner, viele besonders auf trocknem, etwas sandigem Boden verbreitet. Nur wenige Arten wachsen auch an oder auf Torfmooren, wie die Legföhre, *Pinus mughus* unsrer Hochgebirge oder *Taxodium distichum* und *Cupressus thyoides* in Virginien.

Ihr Stamm ist meist hoch und gerade, reichlich und bisweilen quirlig verzweigt. Seltener ist er strauchig, wie beim Wachholder. Krautartige Coniferen giebt es nicht.

Was die anatomischen Charaktere betrifft, so ist der Nadelholzstamm im Wesentlichen bereits wie der der dicotyledonischen Laubhölzer gebaut, unterscheidet sich aber in bestimmter Weise dadurch, dass die feine Holzmasse meist nur aus Holzzellen — dickwandigen und getüpfelten Prosenchymzellen — besteht. Gefässe erscheinen nur im innersten Jahresring, der sogen. Markkrone. Die Gefässbündel sind offen, d. h. durch eine Cambium-Lage in einen nach innen gelegenen Holztheil und einen nach aussen gelegenen Basttheil geschieden.

Der Stamm besteht überhaupt aus einem meist unansehnlichen Markkörper, einem sehr vorwiegenden in Jahresschichten oder Jahresringe abgetheilten Holzkörper, endlich dem Cambium, der Bastschichte und dem Rindenkörper, um welchen letzteren sich an den Zweigen mancher Arten auch noch eine Phyllopodien-Schichte anlagert. Dazu kommen dann noch die in Radien geordneten Markstrahlen. Holz und Rinde zeichnen sich im Allgemeinen durch reichliche Harzausscheidung aus. Um den parenchymatischen Markcylinder legen sich die Holztheile der ersten Gefässbündel und bilden den innersten Jahresring. Nur dieser enthält einige Spiral-Gefässe und manchmal wenige Treppengefässe. Dies ist die sogen. Markkrone (*corona medullaris* oder Markscheide).

Der eigentliche Holzkörper des Stammes besteht der Hauptsache nach aus langgestreckten und getüpfelten Prosenchym-Zellen. Es sind spindelförmige fasernähnliche Holzzellen (*cellulae prosenchymaticae punctatae* oder *porosae*). Ihre Wandungen sind holzig verdickt, von aussen prismatisch gedrückt, an der Innenseite porenartig bis zur äusseren Zellwand verdünnt und an diesen Verdünnungen noch ringförmig umschrieben oder mit einem sogen. Hof, *areola*, umgeben. Diese Poren oder Tüpfel, *pori areolati*, sind in ihrer Jugend noch geschlossen, mit dem Alter werden sie oft gebrochen oder perforirt. Uebrigens zeigen die getüpfelten Zellen der Nadelhölzer ihre Tüpfel meistens nur auf den gegen die Markstrahlen gewendeten Seiten. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Hölzer trifft man sie daher nur an den im Stammradius geführten Dünnschnitten. In den Tangentialebenen werden sie nicht gefunden. Diese Poren mit ihren bald runden, bald durch Drängung sechseckig gewordenen Höfen liefern wichtige Merkmale zur Bestimmung der verkieselten Hölzer. So stehen die Tüpfel bei den Araucarien mehrreihig neben einander, bei den Abietineen aber meist nur einreihig. Bei ersteren sind sie vieleckig, bei letzteren noch rund.

Der Holzkörper der Coniferen besitzt in der Regel eine Abgliederung in deutliche Jahresringe, namentlich bei allen Arten, die den gemässigten Zonen angehören und unter dem Einfluss eines bestimmten Gegensatzes von kalter und warmer Jahreszeit leben. Die schärfere Ausbildung der Jahresringe entsteht dadurch, dass die innersten Holzzellen jedes Jahrganges im Frühjahre, wo das Wachsthum am lebhaftesten ist, gebildet werden, die späteren dagegen bei allmählich abnehmendem Wachsthum entstehen. Jeder Jahrgang bringt daher zwei Lagen. Der innere Theil ist weicher und hat gewöhnlich weitere und dünn-

wandigere Holzzellen (Frühjahrsholz). Die später gebildeten Holzzellen sind enger. Der äussere Theil des Jahresabsatzes ist darum dichter und härter (Herbstholz). Man kann daher auch auf dem Querschnitt des Nadelholzstammes die Zahl seiner Jahre ablesen. Doch hängt die Dicke der Jahresringe noch von Klima und Bodenverhältnissen ab, auch vom Alter. Die Jahresringe selbst sind öfter nur undeutlich ausgedrückt. Am häufigsten ist dies bei den in wärmeren Klimaten und unter geringerem Gegensatz der Jahreszeiten wachsenden Araucarien der Fall, auch bei vielen araucarienartigen Hölzern aus den älteren geologischen Formationen.

Harzgänge *(ductus resiniferi)* erscheinen besonders im Holzkörper einiger Abietinen z. B. *Pinus strobus* und stellen sich im Querschnitt in Gestalt von einzelnen Nadelstichen dar. Bei manchen Arten erscheinen auch grössere Höhlen oder Risse *(cavernae)* von Harz erfüllt. Als fossile Ausfüllungsmasse solcher Risse erscheint bisweilen auch der Bernstein — sowohl in gekrümmten als in ebenen Platten.

Die Markstrahlen bestehen aus mauerartig aufgebautem Parenchym und verbinden in radialer Stellung erst den Markkörper mit dem Cambium (und der Rinde), dann vom zweiten Jahre an die neue Schichte des Holzkörpers mit den Umfangs-Gebilden (primäre und secundäre Markstrahlen).

Die Blätter der Coniferen sind stets ganz und ungetheilt, ihre Kleinheit wird meist durch ihre Menge beglichen. Ihre Gestalt ändert sich nach den Gattungen und Arten, in anderen Fällen auch nach dem Alter. Nadelförmig und zwar bald bandartig bald mehr borstenartig sind sie gewöhnlich bei den Abietineen, verkürzt und schuppenförmig, oft dreieckig bei den Cypressen. Breitlappig bald mehr nieren-, bald mehr herzförmig sind sie bei *Gingko (Salisburia)* und dann tritt auch eine Gabeltheilung der Blattnerven ein, in Folge welcher vereinzelte fossile *Gingko*-Blätter früher für Fiederblättchen gewisser Farnen genommen wurden. Bei *Araucaria* pflegen die Blätter mit dem Wachsthum mehr oder minder sich umzugestalten.

Bei manchen Nadelhölzern hinterlassen auch die abfallenden Nadeln ausgezeichnete Phyllopodien, die an den Zweigen eine äussere Bepanzerung darstellen, so namentlich bei unserer Rothtanne *(Picea vulgaris* Lk.), wo sie die Zweigoberfläche ganz verdecken.

Was die Blüthe betrifft, so sind alle Coniferen diklinisch, ein Theil wie die Tannen und Cypressen monöcisch (Cl. XXI.). Die übrigen, besonders *Araucaria, Gingko,* Wachholder und Eibe diöcisch (Cl. XXII).

Die männliche Blüthe ist zapfenförmig und meist kätzchenähnlich. Sie trägt am Grunde der Achse laub- oder schuppenförmige Deckblätter. Der obere Theil ist mit zahlreichen Staubblättern besetzt, welche 2 oder mehr Pollen-Säcke tragen.

Die weiblichen Blüthen der Nadelhölzer sind in Bau und Stellung der Theile mannigfaltiger. Im Allgemeinen sind es kurze, mit 1—8 nackten Samenknospen besetzte Sprossen, an denen gewöhnlich auch noch Deckschuppen stehen. So ist bei *Taxus* nur eine einzige Samenknospe am Gipfel eines kurzen schuppenartig beblätterten Zweiges vorhanden. Meist aber ist eine doppelte Schuppenbildung entwickelt, wobei man die generative Fruchtschuppe oder Zapfenschuppe *(carpellum)* von der unter ihr stehenden Deckschuppe *(bractea)* zu unterscheiden hat. So bildet namentlich die Blüthe der Abietinen den charakteristischen mit spiralig gestellten Fruchtschuppen und Deckschuppen versehenen und nach-

mals verholzenden Zapfen. Die Fruchtschuppen bilden hier an ihrer Oberseite zwei Samenknospen, darunter steht noch je eine Deckschuppe. Wieder anders ist der Blüthenstand bei den Cypressen. Hier stehen die Fruchtblätter in alternirenden Quirlen und mit ihnen sind die Deckschuppen völlig verwachsen.

Mit der mannigfaltigen Gestaltung der weiblichen Blüthe ändert auch die Bildung des aus ihr hervorgehenden Samenstandes (Fruchtstandes). Bei den Abietineen hat er die wohlbekannte spiralig gebaute Zapfengestalt mit dachziegeliger Schuppendecke. Nach der Befruchtung der weiblichen Knospen folgt eine mannigfache Umgestaltung, bei welcher namentlich die Fruchtblätter sich zu mächtigen und verholzenden Schuppen umbilden und die Deckschuppen im Wachsthum überholen. Bei der Edeltanne *(Abies)* sind die Deckschuppen zur Fruchtzeit etwas länger als die Fruchtschuppen, bei der Rothtanne *(Picea)* bleiben sie kürzer. In den Achseln der Fruchtschuppen stehen die Samenknospen, die nach der Befruchtung zum Samen sich entwickeln.

Der Samen der Nadelhölzer hat meist eine lederige oder holzige Schale. Er ist oft geflügelt, was namentlich das Vorrücken der Nadelholzwälder gegen Haideland sehr begünstigt. Er keimt mit zwei oder mehr (bis 15) Cotyledonen, z. B. mit sechs bei der Kiefer oder Föhre *(Pinus sylvestris* L.).

Die Eintheilung der lebenden Coniferen hat viele Wandlungen durchgemacht, bis sie sich nach Bau und Entwickelung der weiblichen Blüthe, des Samenstandes und des Samens feststellte. Man unterscheidet sieben Familien, *Taxineae* und *Fodocarpeae,* bei denen die weiblichen Blüthen noch keinen oder nur einen unvollkommenen Zapfen bilden und noch keine oder nur einfache Deckschuppen erhalten, *Cupressineae, Taxodineae, Sequoieae, Abietineae, Araucarieae,* bei welchen fünf letzteren die Zapfenbildung der weiblichen Blüthe vollkommen ist und eine doppelte Schuppenbildung mit Fruchtschuppen *(carpella)* und Deckschuppen *(bracteae)* erscheint.

Dazu kommen noch die zahlreichen, aber meist nur nach vereinzelten Stücken bekannten Coniferen-Formen des geologischen Archivs. Die Reste aus den mittleren und den jüngeren Formationen lassen sich meist leicht dem System der lebend vertretenen Familien und Gattungen einordnen. Schwieriger ist schon die Deutung der ältesten fossilen Vertreter.

Die Familie *Taxineae* begreift Bäume oder Sträucher, bei denen nur die männlichen Blüthen Kätzchen bilden, die weiblichen Samenknospen aber einzeln und z. Th. endständig an der Spitze eines kurzen Zweiges erscheinen.

Bei der Eibe, *Taxus,* sind die Nadeln bandförmig, vorn stachelspitzig und stehen zweizeilig an den Zweigen. Das Holz ist ausgezeichnet dicht und hart, mit sehr schmalen Jahresringen und mit spiral gezeichneten Holzzellen. Die verbreitetste Art ist *Taxus baccata* L., die gemeine Eibe, die zugleich in Europa, Asien und Nord-Amerika vorkommt. Sie erscheint fossil schon im Forest-bed oder untermeerischen Wald von England (unteres Pleistocän), dann in der Schieferkohle von Utznach und Dürnten in der Schweiz u. a. O.

Taxus-Arten in beblätterten Zweigen *(Taxites)* kennt man in verschiedenen Tertiärablagerungen, ebenso Stämme *(Taxoxylon),* an deren Holzzellen man ausser den gehöften Tüpfeln noch die spirale Zeichnung einer besonderen (tertiären) Zellmembran erkennt, welche auch für die lebenden Arten derselben Gattung charakteristisch ist. Der Querschnitt zeigt die ausserordentliche Dicke der Wandung dieser Holzzellen. Solche Eibenstämme, *Taxoxylon Ayckei,* sind häufig in der unteroligocänen Braunkohle von Nord-Deutschland.

Sehr abweichend in der Beblätterung, auch theilweise in der Blüthenbildung ist die ebenfalls der Familie *Taxineae* angehörige Gattung *Gingko* oder *Salisburia*, von der nur noch eine einzige Art *Gingko biloba* L. oder *Salisburia adiantifolia* SM. am Leben ist. Sie findet sich wild in China, häufig angebaut in Japan und ward neuerdings auch in Europa eingeführt. Der Stamm erreicht über 30 Meter Höhe. Die Blätter weichen von denen aller lebenden Coniferen weit ab. Sie sind gross und lederartig, breit keilförmig, vorn meist zweilappig und in der Mitte mehr oder minder tief ausgerandet, 5 Centim. und darüber breit. Diese einem ausgebreiteten Fächer ähnlichen Blätter führen zahlreiche dicht gedrängte ausstrahlende und dabei dichotomirende Nerven. Eine solche Nervation kommt sonst bei Farnen noch vor *(Cyclopteris)*. Die Früchte erreichen Wälschnussgrösse und stehen zu zweien, seltener drei an einem längeren Stiel.

Diese letzte Art ihrer Gattung war noch in der Miocänepoche weit über die nördliche Halbkugel verbreitet. Ihre fossilen Reste bezeichnet man auch als *Salisburia adiantoides* UNG. Sie finden sich im Miocän von Grönland (am Eisfjord in fast 79° nördl. Br.), auf der Insel Sachalin, dem des Samlands und zu Sinigaglia bei Ancona. Sie ist also seither nur auf dem einzigen ostasiatischen Radius ihrer ehemaligen Ausbreitung am Leben verblieben.

Aeltere Arten derselben Gattung kennt man nach vereinzelten Blättern aus dem Jura und der Kreide-Formation, sie wurden früher zum Theil für Fiederblättchen von Farnen *(Cyclopteris)* gehalten.

Hierher gehört auch die Gattung *Gingkophyllum* mit carbonischen und permischen Arten. Es sind beblätterte Zweige mit keulenförmig verbreiterten und zweimal gabeltheiligen Blättern.

Die Familie *Podocarpeae* begreift Sträucher und Bäume, die theils Nadeln, theils Laubblätter in spiraliger Stellung tragen.

Von der Gattung *Podocarpus* kennt man Blätter aus tertiären Ablagerungen. *P. eocenica*, UNG. findet sich im oberen Oligocän von Sotzka (Steiermark).

Wichtiger ist die Familie *Cupressineae* mit den Gattungen *Juniperus*, *Sabina*, *Cupressus*, *Thuja* u. a. Es sind Bäume oder Sträucher mit quirlig gestellten, bald nadelförmigen, bald schuppenförmig-verkürzten Blättern. Häufig kommen auch zweierlei Blätter an demselben Zweig vor. Die weibliche Blüthe ist zapfenförmig und trägt zweierlei Schuppen — Fruchtschuppen und Deckschuppen, aber beide völlig verwachsen — in alternirenden Quirlen. Der aus ihr hervorgehende Fruchtzapfen ist gleichfalls gequirlt, im Uebrigen aber verschiedentlich ausgebildet. Bei *Juniperus* werden die Schuppen fleischig und der Zapfen einer Beere ähnlich. Bei *Cupressus* gestalten sich die quirlig gestellten Schuppen zu gestielten sechseckigen Schildern und verholzen.

Die *Cupressineae* erscheinen auf dem geologischen Schauplatz mit dem Kupferschiefer und Zechstein. Hier findet sich die Gattung *Ullmannia* in mehreren Arten, in Thüringen und Hessen oft durch Kupferglanz vererzt und in schöner Erhaltung. Es sind die »Frankenberger Kornähren« der älteren Geologen. Man kennt beblätterte Zweige, Zapfen und Samen. Die Zweige sind ziemlich dick und dicht beblättert. Die Blätter stehen in spiralen Reihen und ziegeldachig. Sie sind kurz, vorn rundlich-zugespitzt, am Grunde verbreitert und sitzend, auf der Unterseite schwach gekielt. Sie waren offenbar ziemlich lederartig. Der dazu gezählte Fruchtstand ist ein länglicher Zapfen mit grossen und dicken gestielten, schildförmigen Schuppen, die am Rande einen Kranz von starken länglichen Wülsten und in der Mitte einen rundlichen Höcker tragen.

Stämme von Cypressen *(Cupressinoxylon)* finden sich häufig in den Braunkohlenlagern der Tertiärformation, in den Blätterschiefern und thonigen Zwischenlagen derselben auch hin und wieder beblätterte Zweige, männliche Blüthenkätzchen im Bernstein der Ostseeküste. Cypressen-Hölzer zeigen dickwandige Prosenchym-Zellen mit einer Reihe von Tüpfeln oder Poren und einreihige Markstrahlen. Aber auch manche andere Coniferen-Hölzer sind ähnlich gebaut, daher der Cypressen-Charakter auch bei fossilen Stämmen nur wenig entscheidet.

Die eigentlichen Cypressen, *Cupressus*, haben verholzende quirlig gebaute Fruchtzapfen mit schildstieligen, nicht übergreifenden Schuppen, und ihre Blätter sind rautenförmige, übereinander greifende Schuppen, welche die Zweige vollständig bedecken. Das Holz ist dicht und hart. Arten, 11 in Amerika, 6 in Asien, nur 2 in Süd-Europa lebend.

Die Gattung *Thuja*, Lebensbaum, hat Zapfen mit ziegeldachig übergreifenden, lederartig verholzenden Schuppen. Die Zweige und Aeste sind zusammengedrückt und die schuppenförmigen, übergreifenden Blätter stehen in vier Reihen, zwei seitlichen und zwei mittleren. *Thuja occidentalis* ist in Nord-Amerika einheimisch, *Th. orientalis (Biota)* in China und Japan, zwei andere Arten *(Callitris)* in Afrika.

Beblätterte Zweige *(Thuites)* finden sich hin und wieder in tertiären Ablagerungen, u. a. im Miocän von Grönland und Spitzbergen. Auch kennt man Blüthenkätzchen als Einschluss in Bernstein, besonders von einer Art, die mit der lebenden *Thuja occidentalis* völlig übereinstimmt. Dazu kommen eine Anzahl von *Thuja*-Stämmen in Braunkohlenlagern, die man unter dem Namen *Thuioxylon* besonders aufführt, die aber von Cypressenholz kaum zu unterscheiden sind.

Juniperus, Wachholder, mit fleischigen, beerenartigen Quirl-Zapfen und dreizählig gestellten zugespitzten nadelförmigen Blättern, ist nach O. Heer zuerst in der oberen Kreide von Grönland, dann in den tertiären Ablagerungen aber auch hier nur spärlich vertreten. Man erwähnt ein Blüthenkätzchen aus Bernstein. Die lebenden *Juniperus*-Arten gehören den gemässigten und kälteren Gegenden der nördlichen Halbkugel an. Die Gattung überhaupt kann also als alt-arktischer Abkunft gelten.

Die Familie *Taxodineae* unterscheidet sich von Cupressineen durch die spiralige Stellung und grössere Anzahl der Zapfenschuppen und durch die zum Theil zweizeilige Stellung der Blätter.

Hierher gehört in der heutigen Flora die monotypische Gattung *Taxodium*, Sumpfcypresse, die nur in Nord-Amerika noch einheimisch ist. Die Blätter sind bei ihr mit der Basis angelenkt und fallen jährlich ab. (Unterschied von *Glyptostrobus*). *Taxodium distichum* Rich. *(Cupressus disticha* L.) oder die virginische Cypresse ist ein ansehnlicher Baum im südlichen Theil der atlantischen Unionsstaaten, Virginien und Carolina, wo sie in sumpfigen Niederungen verbreitet ist und besonders am grossen Sumpfe *dismal swamp*, zusammen mit *Cupressus thyoides* erscheint. Die hohen geraden Stämme tragen allseitig ausgebreitete Aeste und zweiseitswendig beblätterte Zweige, die denen der Eibe *(Taxus baccata)* ähneln und gefiederte Blätter nachahmen. Die gedrängt stehenden Blättchen sind flache lineallanzettliche Nadeln, die nach dem Herbste abfallen, 12—18 Millim. lang. Die Zapfen sind klein, kugelig und zerblättern bei der Reife. Ihre Schuppen sind halbschildförmig und verdickt.

Taxodium distichum reicht im östlichen Nord-Amerika nur bis 40° nördl. Br., wo die Jahrestemperatur nicht unter 8° C. herabgeht. In Deutschland eingeführt gedeiht sie bis 50 und 53° nördl. Br. Hierher gehört auch die Anahuete des

Hochlandes von Mexiko, die zu Oaxaca bei einer Höhe von mehr als 32 und 36 Meter am Grunde einen Durchmesser von etwa 4 Meter erreicht. (Auch als eigene Art *Taxod. mexicanum* CARR. unterschieden).

Taxodium distichum spielt in der geologischen Geschichte der Flora beiläufig dieselbe Rolle wie *Gingko biloba* (Fam. *Taxineae)*. Sie erscheint reichlich verbreitet in den Miocän-Ablagerungen des arktischen Festlandgebietes, so auf Spitzbergen, in Grönland, im Grinnell-Land u. a. O. Sie ist also eine der circumpolaren Arten der arktischen Miocänflora. Als die häufigste Baumart erscheint *T. distichum* nach Osw. HEER in den Ablagerungen auf Grinnell-Land (82° nördl. Br.) und zeigt, dass auch hier während der mittleren Tertiärepoche ein mittleres Klima von mindestens 8—9° C. herrschte. (Sommerwärme etwa 15° C.) In derselben Epoche war *T. distichum* in Amerika auch bis Alaska verbreitet. In Ost-Asien kennt man ihre fossilen Reste auch auf der Insel Sachalin und in der Mandschurei. In den mittleren Tertiärablagerungen von Europa ist *Taxodium distichum* an vielen Stellen reichlich vertreten, z. B. im plastischen Thon von Bilin in Böhmen in zahlreichen Exemplaren. Sie wurde längere Zeit unter dem Namen *Taxodium dubium* STERNB. für eine eigene der lebenden zunächst verwandte Art genommen. Sie findet sich auch in der baltischen Miocän-Flora (Samland), zu Münzenberg und Salzhausen, zu Oeningen u. a. O. Zuletzt erscheint sie noch im unteren Pliocän von Sinigaglia, 43½° nördl. Br.

Taxodium distichum war also in der Miocän-Epoche wohl über die ganze nördliche Halbkugel verbreitet, von der Polarregion an bis über den 50. Breitengrad hinaus. Sie ist seither aus der Polarregion durch die Kälte vertrieben worden und hat sich auch in der gemässigten Zone nur im Radius Virginien-Mexiko erhalten, also in einem Gebiet, das auch sonst noch durch die Erhaltung älterer Pflanzenformen (*Liriodendron, Liquidambar* u. s. w.) ausgezeichnet ist. In Europa war inzwischen der Wechsel der Klimate greller, während zugleich die Gebirgs-Configuration einer Rückwanderung der einmal verdrängten Arten mehr Hindernisse bot. Hier starb *Taxodium* ganz aus und ist erst vor Kurzem wieder eingebürgert worden.

Von der Gattung *Taxodium* hat man noch die Glyptostroben zu unterscheiden, von denen nur in China eine Art fortlebt. *Glyptostrobus* hat herablaufende sitzende Blätter. Sie sind pfriemenförmig, bald mehr schuppenartig, bald lineal und gestreckt, oft auf demselben Zweige verschieden gestaltet. Auch die Schildschuppen der Zapfen weichen etwas von denen der Taxodien ab.

Glyptostrobus europaeus BROGN. ist die häufigste Pflanze der miocänen Flora von Kumi auf Euböa und bildete wahrscheinlich mehr ein strauchartiges Unterholz wie die nahe verwandte lebende Art *G. heterophyllus* ENDL. die sich in China (24—30° nörd. Br.) findet und jährlich die unteren Zweige abwirft. Die Blätter stehen zu ⅜ spiralständig (es kommen deren je 8 auf 3 Umgänge) und sind bald dreieckige Schuppen, bald längere gespitzte fast dreikantige Nadeln. Die Fruchtzapfen sind eiförmig, am Grunde verdünnt, am Gipfel fast halbkugelig. Zapfenschuppen, 18—20 in 8 Längsreihen. Die freie Scheibe der Schuppe hat einen bogenförmigen gekerbten Rand. Diese Art ist auch weit verbreitet in der mitteltertiären Flora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. Sie verschwindet vom europäischen Boden nach SAPORTA erst mit dem pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon. Aehnlich ist *G. Ungeri* HEER. Diese Art ist im Miocän von Grönland und zu Simonowa (56° nördl. Br., Sibirien) nachgewiesen, auch im Miocän von Europa viel verbreitet.

Die Familie *Sequoieae*, welche die Gattung *Sequoia* oder *Wellingtonia* mit dem sogen. Mammuthbaum von Californien begreift, steht den Cupressineen und Taxodineen noch sehr nahe. Die Zapfenschuppen sind spiralig gestellt. Fruchtschuppe und Deckschuppe verwachsen, aber sie bleiben noch deutlich unterscheidbar. Schild trapezoidal, in der Mitte mit einem kurzen Fortsatz.

Von der Gattung *Sequoia* leben nur noch zwei Arten, beide in Californien einheimisch, die letzten Abkömmlinge einer in der Tertiärperiode weit verbreiteten Nadelholzform.

Sequoia gigantea LINDL., die californische Riesentanne oder der Mammuthbaum, zeichnet sich durch riesenhaften Wuchs aus. Sie wurde erst 1850 entdeckt. Man kennt jetzt mehrere *Sequoia*-Haine an verschiedenen Stellen der Sierra Nevada, alle auf dem westlichen Abhang und in ziemlich gleicher Meereshöhe (in der Grafschaft Calaveras 1600 Meter). Die Bäume erreichen hier 65 bis 100 Meter Höhe, in einzelnen Fällen noch darüber (bis 123) und 10 bis 11 Meter Durchmesser. Die Blätter sind immergrün, araucarienartig und liegen schuppenartig über einander, abwechselnd-spiralig. Die Spitze ist weich, die Unterseite gekielt. Der Fruchtstand ist ein verhältnissmässig kleiner eirunder hängender Zapfen, 6 Centim. lang und 5 Centim dick. Das Holz dieser Riesentannen ist ziemlich weich, fault aber nur langsam.

Sequoia gigantea steht der auch im Miocän von Grönland fossil vertretenen *Sequoia Sternbergi* nahe und letztere kann als Stammart der ersteren gelten. Diese Art ist neuerdings auch in Deutschland eingeführt worden, erliegt aber bei strengem Winter. *Sequoia Sternbergi* GOEPP. *(Araucarites Sternbergi)* ist häufig im oberen Eocän und im Oligocän von Europa, namentlich zu Monte Promina in Dalmatien, Sotzka in Steiermark und Häring in Tyrol, aber auch noch in Miocänlocalitäten vertreten, zuletzt noch zu Sinigaglia in Italien. Sie findet sich besonders in Form entferntstehender dicht beblätterter Zweige von araucarienartiger Tracht. Die Blätter sind schmal, linear-lanzettlich, zugespitzt und meist etwas sichelförmig gekrümmt. Sie sind an der Basis herablaufend und decken sich einander ziegeldachartig. Diese Art findet sich ferner in der miocänen Flora von Grönland, auch auf Island und in Ostasien (Sachalin). Sie war also ehedem auf der nördlichen Halbkugel weithin circumpolar verbreitet, erlosch aber seither in der ganzen Peripherie und hinterliess nur in dem einen Radius Californien eine Tochter-Species *S. gigantea*, den californischen Mammuthbaum.

Sequoia sempervirens ENDL., das Redwood der Amerikaner, ist die zweite noch lebende Art der Gattung und auf dem Küstengebiet von Californien (34 bis 42° nördl. Br.) einheimisch. Ihre Blätter stehen fast zweizeilig, sie sind linealisch und fast sichelförmig gekrümmt. Die Oberseite zeigt eine Längsfurche, die Unterseite eine convexe Kielung. Im Tertiärgebiet von Oregon sollen Reste vorkommen, die mit der jetzt lebenden Art übereinstimmen. Der *S. sempervirens* nähert sich sehr die im Miocän von Europa viel verbreitete, auch im arktischen Miocän reichlich vertretene und seither erloschene Art *Sequoia Langsdorfi (Taxites Langsdorfi* BRONGN.)

Die letztere Form kann als Stammart der ersteren gelten. Die Blätter stehen in der $\frac{3}{8}$ Spirale, bilden fast drei Längsreihen und sind daher in minder gut erhaltenen Exemplaren leicht mit zweizeiligen Blättern *(Taxus, Taxodium)* zu verwechseln. Sie sind linear, einnervig, sehr kurz gestielt, an den beiden Enden fast gleich zugespitzt. Sie sind von ungleicher Länge, am Grunde des Zweiges 12—18 Millim., an der Zweigspitze 6—8 Millim. lang. Fruchtzapfen fand UNGER

im miocänen Lager zu Kumi auf Euböa. Sie kommen mit denen der lebenden *Sequoia*-Arten überein. Sie sind länglich rund, bis 2,5 Centim. lang mit verholzten fast kreisrunden gestielten Schildschuppen. *S. Langsdorfi* findet sich häufig im Miocän von Europa, so in der Braunkohle von Salzhausen in Hessen und von Rott bei Bonn, auch in der baltischen Braunkohle und zu Kumi auf Euböa. Ferner findet sie sich in der Miocän-Flora des arktischen Kreises in Grönland, Spitzbergen u. a. O. Endlich auch in Ost-Asien (Sachalin). Diese Art folgt also in ihrer geologischen Geschichte fast denselben Wegen wie *S. Sternbergi*, nur dass sie etwas später als letztere in Europa auftaucht. Sie erscheint mit ihr zuletzt noch im untersten Pliocän von Sinigaglia bei Ancona, 43° nördl. Br.

Die Gattung *Sequoia* überhaupt muss als nordpolarischen Ursprunges gelten. Zeuge davon ist *Sequoia ambigua* HEER aus der unteren Kreide von Grönland, 70° 40' nördl. Br. Es sind beblätterte Zweige mit kleinen kugeligen endständigen Fruchtzapfen. Diese Art steht der *S. Sternbergi* schon ziemlich nahe.

Die Familie *Abietineae* begreift die der LINNÉ'schen Gattung *Pinus* entsprechenden engeren Gattungen *Pinus*, *Larix*, *Cedrus*, *Picea* und *Abies*, meist ansehnliche wälderbildende Bäume, seltener Sträucher.

Die Blätter sind bald nadelförmig, bald linealisch, oft sehr lang, meist steif und wintergrün — weich und einjährig bei der Lärche. Sie sind spiralig gestellt und erscheinen bald einzeln bald zu mehreren in Büscheln. Männliche Blüthen in ährenförmigen Kätzchen. Weibliche Blüthen in Zapfen von spiraligem Bau. Ihre Deckschuppen (Bracteen) sind theils frei, theils mit den Fruchtschuppen (Carpellen) wenig verwachsen. Die Fruchtschuppen tragen jede an der Oberseite zwei Samenknospen, die abwärts gerichtet sind. Nach der Befruchtung überholen diese Fruchtschuppen die zwischen ihnen sitzenden und im Wachsthum zurückbleibenden Deckblättchen und werden dann lederartig oder holzig. (Man hat früher die grossen Fruchtschuppen für umgewandelte Deckblätter gehalten. Die wahren Deckblätter, *bracteae*, sitzen aussen am Grunde der grossen Zapfenschuppen und sind meist weniger verändert.) Der reife Zapfen ist holzig und dicht-dachig, mit spiralig gestellten Schuppen. Der Samen ist häufig geflügelt. Er keimt mit 2 bis 15 Keimblättern. Der mikroskopische Bau der Hölzer unterscheidet nicht alle Gattungen. Bei *Pinus* tragen die Holzzellen eine oder zwei Reihen grosser runder Tüpfel. Die Markstrahlen sind ein- oder mehrreihig. Das Holzgewebe zeigt zahlreiche weite Harzgänge. Bei den übrigen Abietineen-Gattungen ist der Bau des Holzkörpers minder ausgezeichnet. Die Holzzellen tragen nur eine Reihe von Tüpfeln. Die Markstrahlen sind nur einreihig. Harzgänge fehlen im Holzgewebe oder sind nur sehr spärlich.

Bei der Gattung *Pinus* entspringen die Blätter zu 2 bis 5 aus kurzer Scheide, bei *P. sylvestris* und *P. mughus* nur zu 2. Die Fruchtschuppen oder Zapfenschuppen tragen an der unbedeckten Spitze eine schildförmige Verdickung, die besonders verziert zu sein pflegt, namentlich in der Mitte einen Höcker oder selbst einen abgebogenen Haken trägt. Diese Gattung ist in der nördlichen Halbkugel sehr artenreich verbreitet, Europa hat etwa 10 *Pinus*-Arten, Amerika 64.

In tertiären Schichten finden sich Holzstämme, Nadeln und Fruchtzapfen von *Pinus*-Arten sehr häufig und hier bieten namentlich die Zapfen nach der verschiedenen Verzierung des Schildchens werthvolle Anhaltspunkte zur Bestimmung. Man kennt deren auch schon in der miocänen Nordpolarflora — sowohl mit zwei- als auch drei- und fünfnadeligen Blattknospen. Aus dem obereocänen

oder unteroligocänen Gyps von Aix (Provence), kennt man einen auffallend langen schmalen Zapfen, *Pinus Philiberti* SAP. etwa fünfmal so lang als dick.

Pinus sylvestris L., die Föhre oder Kiefer eine der zweinadeligen Arten, bildet in Europa und in Sibirien ausgedehnte Waldungen und spielt auch bei der Torfbildung (vergl. II, pag. 191) eine gewisse Rolle. Sie reicht bis gegen den Polarkreis und auch noch darüber hinaus. Schon die oberpliocäne Braunkohle von Dorheim u. a. O. (Wetterau) lieferte Rindenstücke, denen der Föhre ähnlich, aber vielleicht einer anderen Varietät angehörig. Reichlich vertreten ist die Föhre in der Waldschicht oder dem forest bed von Süd-England (unteres Pleistocän), auch in der interglacialen Schieferkohle von Utznach und Dürnten. Mit ihr eröffnet in den dänischen und scandinavischen Torfmooren die erste nachglaciale Bewaldung. In Dänemark ist sie jetzt ganz von der Buche verdrängt.

Nahe verwandt mit der Föhre ist die Legföhre oder das Krummholz, *Pinus mughus* SCOP., ein meistens niederer Strauch mit niederliegenden, ein paar Meter Länge erreichenden Aesten. Diese Art findet sich an feuchten Stellen unserer Hochgebirge, namentlich an der Baumgrenze, auch auf Torfboden in geringerer Meereshöhe. Mehrere zwischen Art und Varietät schwankende Formen (*P. mughus* SCOP., *P. pumilio* HAENKE u. a.) werden bald unterschieden, bald unter dem Namen *P. montana* zusammengefasst. Zapfen der Legföhre finden sich schon in der oberpliocänen Braunkohle von Dorheim (*Pinus brevis* LUDW.), dann auch in der interglacialen Schieferkohle der Schweiz. Dieselbe Art (*Pinus montana* MILL. Bergföhre) fand O. HEER auch schon im Miocän von Spitzbergen vertreten. Sie ist also von altem arktischem Ursprung und in ihren heutigen Gebieten ein späterer Einwanderer.

Die sogen. Bastkohle von Dorheim u. a. O. in der Wetterau besteht nur aus einem durch Einweichung und theilweise Auslaugung angegriffenen *Pinus*-Holz, dessen Jahresringe sich in Gestalt dünner biegsamer faseriger Blätter ablösen und bastartig aussehen.

Bei der Gattung *Picea*, der unsere Rothtanne angehört, stehen die Blätter einzeln, nie zweizeilig, aber oft spiralig um die Zweige geordnet. Sie sind nadelförmig, zusammengedrückt und etwas vierkantig, an der Spitze stehend. Die ziemlich grossen Zapfen sind länglich-walzig, die Zapfenschuppen an der freien Spitze nicht verdickt, am Rand ausgefressen-gezähnelt, die Deckblätter zwischen den Schuppen kleiner als letztere. Die Gattung *Picea* begreift nur 12 lebende Arten, von denen nur eine *Picea vulgaris* LK., *Pinus abies* L., die Rothtanne oder Fichte, in Europa vorkommt und besonders an Gebirgsabhängen Wälder bildet. Sie reicht gegen die Polarregion nicht so weit nach Nord als die Föhre, doch noch bis Lappland.

Die Rothtanne findet sich fossil im forest bed von England, fehlt aber in der heutigen Flora der britischen Inseln sowohl in England als Schottland. Sie findet sich auch in der interglacialen Schieferkohle von Utznach und Dürnten in der Schweiz. Endlich glaubt Osw. HEER ihre frühesten Reste auch schon in den miocänen Ablagerungen von Spitzbergen zu erkennen. Die Rothtanne ist also arktischen Ursprungs und dürfte während der miocänen und pliocänen Zeit in niederere Breiten — der klimatischen Abkühlung folgend — gedrängt worden sein. Pliocän erwähnt sie SAPORTA von Ceyssac (Dep. Haute Loire).

Fossil dürften die echten Abietineen in Wealden, Grünsand und Kreide hervortauchen, wenigstens nach den Fruchtzapfen zu schliessen, auf welche hier das grösste diagnostische Gewicht fällt. Man kennt zwar schon aus den Stein-

kohlenformation, dem Keuper, Lias u. s. w. eine Anzahl verkieselter Nadelholz-Stämme, die in den allgemeinen Charakteren der mikroskopischen Struktur mit den Abietineen übereinkommen und mit dem Gattungsnamen *Peuce* (auch wohl *Pinites)* bezeichnet zu werden pflegen. Man kann sie auch von den mit ihnen in denselben älteren Formationen verbreiteten Araucariten genügend unterscheiden. Aber sie stehen zum Theil auch schon den Cupressineen und anderen noch lebend vertreten Familien nahe und dürften noch nicht die ausgebildeten Abietineen darstellen. Manche von diesen *Peuce*-Hölzern der älteren Formationen zeigen noch keine ausgebildeten Jahresringe, während diese bei den heute lebenden Arten immer deutlich entwickelt sind. In den Ablagerungen der Tertiärperiode erscheinen die Abietineen-Gattungen *Pinus, Picea, Abies* und *Larix* nebst *Cedrus* deutlich ausgebildet und mehr oder minder reichlich vertreten, u. a. auch schon in der miocänen Nordpolar-Flora.

Häufig beobachtet man eine durch Winde vermittelte Fortführung ziemlich grosser Mengen von Blüthenstaub der Abietineen, der dann vom Regen niedergeschlagen — bisweilen an entfernten Orten — den sogen. Schwefelregen bildet. Er kommt namentlich von der Föhre *(Pinus sylvestris* L.) und der Rothtanne oder Fichte *(Pinus abies* L.). Dies erklärt auch das von EHRENBERG nachgewiesene Vorkommen von Pollen-Stäubchen in mehreren tertiären Blätterkohlen z. B. bei Bonn, im Westerwald und im Vogelsberg. Fossilen Fichten-Pollen fand EHRENBERG auch in manchen Diatomeen-Lagern, z. B. in dem der Lüneburger Haide.

Eine besondere Erörterung verdienen die bernsteinliefernden Abietineen der unteren Oligocän-Ablagerungen des Samlands bei Königsberg (Pillau und Brüsterort).

Der Bernstein *succinum, glessum* und *electrum* der Alten[1]) — ist das zu einem gewissen Grade umgewandelte Harz von mehreren Abietineen, deren Harzreichthum dem der heutigen *Dammara*-Arten (der Sunda-Inseln und Neuseelands) gleichkommen mochte. Er findet sich an der Ostseeküste namentlich von Danzig über Königsberg bis Memel. Die eigentliche Fundschicht ist ein glauconitischer Meeres-Sand, der auch meerische Conchylien und Haifischzähne führt. Man zählt sie zur unteren Oligocän-Stufe. Das grösste bekannte Bernstein-Stück fand sich in der Gegend von Gumbinnen. Es ist etwa 36 Centim. lang, 22 breit und 7 bis 15 dick.

Der Bernstein stammt von einer Anzahl von Abietineen her, die alle den heutigen *Picea*- und *Abies*-Arten nahe verwandt waren und von denen eine den Namen *Pinites succinifer* GOEPP. erhalten hat. Dies erweisen nach GOEPPERT's Untersuchungen die in Bernstein eingeschlossenen Reste von Holz und Rinde. Aber nicht nur auf der Rinde, sondern auch im Holze selbst — besonders zwischen den Holzringen — finden sich zuweilen grössere Platten von gelbem oder weissem Bernstein ausgeschieden. Die Bernstein-Fichten mögen wohl dazumal einen grossen Theil des nordeuropäischen Festlands, namentlich aber das scandinavische Gebiet überzogen haben.

Der Bernstein spielt im ältesten Handelsverkehr der Völker von Europa und von Vorder-Asien und seit HESIOD's und HOMER's Zeiten auch in der griechischen und römischen Literatur eine wichtige Rolle. Die Phönicier handelten ihn wahrscheinlich zuerst in den Häfen an der Mündung des Po und der Rhone

[1]) Ueber Bernstein vergl. auch den Artikel Harze, oben II, S. 118.

(Rhodanus oder *Eridanos)* ein und bezogen ihn später auch wohl von der Westküste Holsteins, der Insel Glessaria u. a. O. Der römische Geschichtsschreiber CORNELIUS TACITUS bespricht in seiner Germania Cap. 45 (um das Jahr 100 nach Chr.) den Bernstein ausführlich und sagt, die Aestyer, ein am suevischen Meer — dem Ostseestrande ansässiges Völkchen, (dem er Sitte und Tracht der Sueven, aber eine andere der britannischen näher stehende Sprache zuschreibt), seien die einzigen, welche Bernstein an der Meresküste sammelten. Sie nannten ihn *glesum* oder *glessum* (also Glas) und sie fragen, sagt TACITUS, weder nach seinem Wesen noch nach seiner Entstehung, wie dies überhaupt die wilden Völker so zu halten pflegen. Bei den Aestyern findet er keine Anwendung. Roh, wie ihn die Natur liefert, wird er gesammelt und uns — nämlich den Römern — überbracht, daher auch bei ihnen sein Werth nur sehr gering geschätzt. Doch ist anzunehmen, dass er der eingetrocknete Saft eines Baumes ist, da man nicht selten landbewohnende und fliegende Thiere in demselben antrifft, welche (nachdem sie in ihn als er noch weich war, einsanken,) bei seinem Erhärten in eingeschlossenem Zustand sich erhielten. Daher erklärt sich TACITUS für geneigt zu glauben, dass gleich wie im fernen Morgenland gewisse Haine oder Wälder von Bäumen, die Weihrauchharz und Balsam absondern, gefunden werden, es im Abendland auch Inseln und Länder mit Bäumen gebe, deren Saft von den Sonnenstrahlen ausgetrieben in das benachbarte Meer gelange und dann durch Stürme und Wellen an anderen Küstenstrichen ausgeworfen werde. Wie man sieht, hatte TACITUS schon sehr verständige Ansichten von der Herkunft des Bernsteins und von dem, was er sagt, lässt sich auch das meiste bestätigen, freilich die Ansicht nicht, der Bernstein sei das Harz einer noch lebenden Baumart des Abendlandes.

Noch wollen wir in Kürze eines eigenthümlichen Falls von fossilen Abietineen-Gallen gedenken. Zwei *Chermes*-Arten (Blattsauger, Ordn. *Hemiptera*, oben II, pag. 138) erzeugen heute an Sprossen der Fichte *(Picea vulgaris* LK.) zapfenähnliche spiralig gebaute Gallen von 1—4 Centim. Länge. Im Kalktuff von Cannstadt findet man Abdrücke solcher. Es sind Höhlungen von der Grösse einer Haselnuss, welche von einer Verdickung des Grundes der Nadeln herrühren und auch die darauf sitzenden verkürzten Spitzen noch erkennen lassen.

Eine zwischen Abietineen und Araucarien noch schwankende für die Trias-Epoche besonders bezeichnende Nadelholzform ist die Gattung *Voltzia*. Sie begreift Bäume von ähnlicher Tracht wie die Araucarien, aber von diesen in der Zapfenform und dem Samen verschieden.

Die Zweige sind bald fiederständig bald dichotom. Die Blätter sind bei einer und derselben Art — besonders bei der typischen *heterophylla* — von verschiedener Gestalt, bald kürzer, bald länger — bald kegelig und eingebogen, bald flach und gestreckt — bald fast senkrecht bald schräg angeheftet — immer vielzeilig und spiral gestellt. Ihre Gestalt ist oft auf demselben Zweige verschieden — auf dem oberen jüngeren Zweigtheile anders als auf dem unteren. Der Blüthenstand ist kätzchenförmig. Das männliche Kätzchen ist oval oder walzig-oval und sitzt auf einem kurzen Stiel. Es trägt spatelförmige vorn zugespitzte Schuppen, deren rautenförmiges Vorderstück eine dichtdachige spiralige Decke zusammensetzt. Der Fruchtstand ist ein länglich walzenförmiger Zapfen mit locker anliegenden verholzten Schuppen und wird bis 10 Centim. lang. Er trägt breitgestielte rhombische Schuppen, sie sind vorn dreilappig oder fünflappig mit vortretendem Mittellappen. Diese Zapfen erscheinen an den Zweigen

endständig. Die Samen stehen umgewendet auf der Oberseite der Zapfenschuppen — entweder nach SCHIMPER zu zweien wie bei den Abietineen oder nach BRONGNIART zu dreien wie bei einer der lebenden Gattungen der *Araucarieae*. Sie sind länglich oval und ringsum geflügelt, sie gehen nach unten in eine stielartig verlängerte Mündung aus.

Die Gattung *Voltzia* nähert sich also entschieden den Araucarien in der allgemeinen Tracht und in der Gestalt der Beblätterung, weicht aber von ihnen nach den Zapfenschuppen und dem Samen ab.

Man findet zusammen mit den beblätterten Zweigen auch ansehnliche Stammstücke.

Diese Gattung ist bezeichnend für die Trias-Epoche und besonders reichlich im oberen Buntsandstein von Sulzbad im Elsass vertreten. Sie findet sich auch noch im Keuper. Im Rothliegenden ist sie bereits unzweifelhaft.

Voltzia heterophylla ist die gemeinste Art zu Sulzbad und überhaupt im Buntsandstein der Vogesen, kommt aber auch zu Saarbrücken u. a. O. noch vor. Die Blätter sind bald kurz, linear-kegelig und sichelförmig eingebogen, denen der lebenden *Araucaria excelsa* ähnlich. Dies war die Beblätterung junger Bäume und neuer Sprossen. Bald sind sie lang, linear und vorn etwas stumpf. Diese nachträglich gestreckten Blätter wurden 2—7 Centim. lang. Dazu finden sich Uebergänge von einer Form zur anderen. Bisweilen kommen auch mehrere Blattformen auf einem und demselben Zweige zusammen vor. Alsdann erscheinen im oberen oder jüngeren Zweigtheile kurze und sichelförmig eingebogene Blätter, wogegen der ältere Zweigtheil linear gestreckte gerade Blätter trägt.

Voltzia acutifolia erscheint neben voriger Art, aber spärlicher zu Sulzbad. Aeste und Zweige sind schlanker, die Blätter lineal-lanzettlich, flach, vorn ziemlich stumpf zugespitzt. Die Verschiedenheit der Blätter an einem und demselben Zweig in Gestalt nnd Grösse ist hier minder ausgesprochen.

Die Familie *Araucarieae* begreift exotische Bäume der Gattungen *Araucaria*, *Dammara* und *Cunninghamia*. Der Fruchtstand ist wie bei den Abietineen ein Zapfen mit dicken, lederartigen oder holzigen spiralgestellten Fruchtschuppen, mit denen aber die Deckschuppen völlig verschmolzen sind. Die Samenknospen stehen umgekehrt, wenden ihre Oeffnung der Zapfenachse zu. Sie stehen bei *Araucaria* und *Dammara* einzeln, bei *Cunninghamia* zu dreien beisammen.

Die Gattung *Araucaria*, so benannt nach dem Stamm der Araucanen in Chili, deren Hauptnahrung in früheren Zeiten die grossen Samen der *Ar. imbricata* bildeten, ist in der heutigen Flora nur noch durch 7 oder 8 Arten vertreten und nur über die wärmere Zone der südlichen Halbkugel (Brasilien, Chili, Australien) verbreitet. Die Blätter der Araucarien sind von etwas verschiedener Gestalt je nach dem Alter des Holzes und nach der Vegetations-Epoche. Die der ersten Jahrestriebe weichen von denen ab, die sich erst später entwickeln. Die Blätter erleiden auch mit dem Wachsthum noch eine Umgestaltung. Flach und ziegeldachig gestellt sind sie bei *Ar. imbricata*, etwas mehr vierkantig und eingebogen bei *Ar. excelsa*. Der Fruchtstand ist ein kugeliger oder eiförmiger Zapfen mit dichtdachigen, gegen vorn zugespitzten Schuppen. Diese Zapfen sind denen unserer Rothtanne (*Pinus abies* L., *Picea vulgaris*) ähnlich, werden aber viel grösser. Bei *Ar. Bidwilli* erreichen sie bis 22 Centim. Durchmesser. Die Zapfenschuppe trägt nur je einen mandelförmigen grossen Samen in einer entsprechenden Vertiefung. Die Samenschale ist lederig. Die Araucarien stellen mächtige Bäume

von 30—60 Meter Höhe und mehr dar. Sie bilden zum Theil ausgedehnte Waldungen, wie namentlich im südlichen Chili oder Araucanien.

Araucaria imbricata PAVON, die sogen. Chili-Tanne bildet auf den Gebirgen des südlichen Chili ausgedehnte Waldungen mit 16—48—70 Meter hohen Bäumen von pyramidalem Wuchs mit starken sparrigen Astquirlen. Blätter eilanzettlich, starr und stachelspitzig. Die Samen werden 3,7 Centim. lang. In Deutschland eingeführt verträgt sie den Winter nicht, namentlich da die jungen Triebe bei Eintritt des Frostes noch nicht gehörig verholzt sind.

Ar. Bidwilli, die Bunya-Tanne von Australien, bildet stattliche Bäume mit wagerecht abstehenden Aesten und wird bis 52 Meter hoch. Sie wächst in den gemischten Waldungen besonders im Bunya-Land. Der Zapfen erreicht bis 22 Centim. Durchmesser. Die Samen werden 7,5 Centim. lang.

Ar. excelsa R. BR., die Norfolk-Tanne, findet sich nur auf der Norfolk-Insel im Osten von Australien, 28° südl. Br. und erreicht 55—60 und 68 Meter Höhe. Sie wird bisweilen bei uns in Treibhäusern gehalten. Blätter klein, etwas vierkantig, pfriemenförmig und sichelartig eingekrümmt. Zapfen kugelig, bis 16 Centim. im Durchmesser.

Die Gattung *Dammara* begreift immergrüne, hohe, sehr harzreiche Bäume auf den Sunda-Inseln, Neuholland und Neuseeland. Die Blätter sind lederig, fast gegenständig, meist zweizeilig, breit, oblong-elliptisch, eiförmig und eilanzettlich, stumpf und vielnervig. Die Zapfen sind eiförmig bis eikugelig, Schuppen dicht-dachziegelig und abstehend.

Dammara orientalis, die Dammara-Fichte, ist auf Java, Borneo und den Molukken einheimisch und erreicht über 30 Meter Höhe. Die Blätter sind länglich-lanzettlich, steif und lederartig. Dieses ostindische Nadelholz ist durch seinen überaus grossen Harzreichthum ausgezeichnet und übertrifft in dieser Hinsicht alle übrigen lebenden Baumarten. Aeste und Zweige bedecken sich mit Harzklumpen, die erhärten und niederfallen.

Dammara australis, die Kauri-Fichte, findet sich ausschliesslich nur auf der Nordinsel Neuseeland und bildet hier ausgedehnte Wälder. Auch der Kauri-Baum schwitzt aus Stamm und Aesten grosse Mengen von Harz aus, das sich häufig in ansehnlichen Knollen an den Wurzeln sammelt. Subfossil erscheint diese Art und ihr Harz auch auf der Südinsel, die ein rauheres Klima hat. Das Kauri-Harz wird auf Neuseeland überall in Menge aus der Erde gegraben, wo Kauri-Wälder stehen oder früher gestanden haben.

UNGER führt auch von Neuseeland verkieseltes Holz auf, *Dammara fossilis*, welches kaum von dem der lebenden *D. australis* zu unterscheiden ist. Es soll aus einem Sandstein der Trias stammen. Man kennt ferner Zapfen von zwei Dammarites-Arten aus der Kreide-Formation (Quadersandstein von Schlesien und Böhmen). Die lebenden Arten von *Araucaria* und *Dammara* besitzen hartes, dichtes Holz, welches aber in Folge mangelnder Jahresringe in horizontaler Richtung geringeren Zusammenhalt besitzt. Die Jahresringe sind bei den Araucarien am häufigsten unausgebildet oder mindestens nur gering ausgeprägt, was man vom geringeren Gegensatz der Jahreszeiten ableitet. Die Holzzellen tragen mehrere (spiralig gestellte) Reihen von Tüpfeln. Gewöhnlich sind es zwei oder drei Reihen. Die Höfe oder Areolen der Tüpfel sind gewöhnlich in Folge der Drängung von sechseckigem Umfang. Harzgänge fehlen im Holzgewebe. Die Markstrahlen sind einreihig.

Einen ähnlichen Stammbau ergiebt die mikroskopische Untersuchung der

Dünnschliffe vieler verkieselter Stämme aus der Steinkohlenformation, dem Rothliegenden u. s. w., die meist auch nur wenige und schwache Andeutungen von Jahresringen erkennen lassen und wohl die nächsten Verwandten der heutigen *Araucaria-* und *Dammara-*Arten waren, aber keine sichere Abtheilung in Gattungen zulassen.

Jedenfalls ist die Araucarien-Form eine der geologisch alten Typen der Landflora, die nur noch in einigen wenigen Arten fortleben und diese letzten Nachkommen erscheinen jetzt weit versprengt über die Tropen und die wärmere gemässigte Zone der südlichen Halbkugel. Die ältesten wahren Araucarien mögen etwa dem jurassischen Zeitalter angehört haben. In der Coniferen-Gesellschaft, die im Verlaufe der Tertiärperiode aus der Nordpolarregion ausstrahlte und jetzt in zahlreichen und meist gesellig lebenden Arten die nördliche Halbkugel bewohnt, fehlen die *Araucarieae.* Diese folgten also wohl schon dem grossen Exodus der Baumfarnen und Cycadeen um die Zeit des Schlusses der Kreide- und des Beginns der Eocän-Epoche — oder erloschen mindestens, wo der Strom der neuen Zuzügler eintraf, gegenüber der Mitbewerbung der günstiger angepassten neuen Pflanzenformen.

Araucarites nennt man beblätterte Zweige, die im Lias, dem Jura und der Kreide vorkommen und entweder die flachen und schuppenartig gelagerten Blätter der *Ar. imbricata* oder die kegelförmigen und hakig eingebogenen Blättchen der *Ar. excelsa* zeigen. Bestimmte generische Identität ist nicht zu erweisen und die Zapfenform der eigentlichen Araucarien ist in denselben Lagern noch nicht vorgekommen. Dahin zählt unter anderen *Araucarites Dunkeri* Ett. (*Muscites Sternbergianus* Dunk.) aus dem Thoneisenstein der norddeutschen Wealden-Formation. Es sind zarte beblätterte Zweige mit sehr kleinen Fruchtzapfen, die an *Araucaria* und *Dammara* erinnern, aber noch nicht genügen. Nicht hierher gehört der in beblätterten Zweigen an *Ar. excelsa* erinnernde tertiäre *Araucarites Sternbergi* Goepp. Die zugehörigen Zapfen erweisen eine *Sequoia* Vergl. pag. 28). *Dammarites* nennt man einige Zapfen aus Wealden und Quadersandstein, eie in der äusseren Form mit solchen der lebenden *Dammara-*Arten übereinkommen, aber noch nicht sicher gedeutet sind.

*Araucarites-*Stämme, *Dadoxylon* Endl., sind häufig in verkieselten Exemplaren in den älteren Formationen, namentlich in Sandstein-Lagern. Die Amerikaner erwähnen deren bereits aus der oberen Region des devonischen Systems von Neu-England und Canada.

*Dadoxylon-*Hölzer sind stellenweise häufig in Steinkohlensandstein — hier zuweilen noch im Hangenden der Kohlenflötze in aufrechter Stellung — ferner im Rothliegenden, andere finden sich auch noch in der Trias. Verkohltes Araucariten-Holz erscheint in manchen Steinkohlen-Flötzen und bildet die sogen. Faserkohle, die als dünne Zwischenlagen mit anderen Kohlen-Sorten abwechselt. Die Fasern lassen unter dem Mikroskop noch die Tüpfelung erkennen. Dies ist *Araucarites carbonarius* Goepp. Die nach mikroskopischen Dünnschliffen verkieselter Hölzer genauer abgegrenzte Gattung *Dadoxylon* Endl. (*Araucarites* Goepp., *Pinites* Lindley z. Th.) begreift Stämme aus der Steinkohlen-Formation und dem Rothliegenden, auch noch aus dem Keuper, deren Holzzellen durch die grosse Zahl (2—3 oder 4 Reihen) ihrer Tüpfel und den durch Drängung entstandenen sechseckigen Umfang der Höfe oder Areolen an das Prosenchym von *Araucaria* und *Dammara* erinnern. Die Tüpfel stehen alternirend und folgen einer Spirale. Jahresringe oft fehlend oder undeutlich, bei anderen Arten ganz

deutlich. Markstrahlen schmal und einreihig, oder auch mit 2—4 nebeneinander gelegenen Zellenreihen.

Dadoxylon Brandlingi (Pinites Brandlingi LINDLEY) fand sich zu Newcastle, Northumberland im Sandstein der oberen Steinkohlen-Formation als mächtiger Stamm in einer zu den Gesteinsschichten senkrechten Stellung. Er war 23 Meter lang, am Grund 1,5 Meter dick. Jahresringe nicht sehr deutlich, Tüpfel in mehreren (bis 4) Reihen; Markstrahlen nur mit einer Reihe von Zellen.

Dadoxylon Rollei UNG. aus dem Rothliegenden von Erbstadt in der Wetterau ist eine der Arten ohne Jahresringe. Die Holzzellen sind gross und dickwandig. Die Poren-Tüpfel stehen zwei- bis dreireihig, sie sind klein und stossen dicht an einander. Die Markstrahlen bestehen theils nur aus einer Reihe von Zellen, theils stehen sie in zwei Reihen neben einander. Die Zellen folgen sich in einer Reihe zu 2—12 und mehreren über einander.

Merkwürdig ist ein ausgedehntes Lager von Sandstein der permischen Formation mit verkieselten Stämmen von Nadelhölzern zu Radowenz bei Adersbach in Böhmen. Dieser sogen. versteinerte Wald, den GÖPPERT untersucht hat, enthält 0,3 bis 1,3 Meter dicke Stämme, die oft noch auf 0,6 bis 2 Meter Länge erhalten sind und zuweilen noch grosse Astnarben erkennen lassen. GÖPPERT erkannte darunter zwei Arten des Rothliegenden *Araucarites Brandlingi* LINDL. *(Dadoxylon)* und *Ar. Schrollianus* GÖPP. Dieses Lager mit Araucariten-Stämmen ist bei Adersbach auf mindestens 2½ Meilen Länge und etwa ½ Meile Breite zu verfolgen.

In naher Beziehung zu den unter der Bezeichnung »*Dadoxylon*« begriffenen Baumstämmen des Steinkohlen-Sandsteins und des Rothliegenden scheint die in derselben Stufe verbreitete, aber gewöhnlich nur in Schieferthonen und Sandschiefern vertretene Gattung *Walchia* zu stehen, von der man aber nur beblätterte Zweige und Zapfen kennt. Sie zeigen eine an *Araucaria excelsa* und an Lycopodiaceen erinnernde Tracht und die Paläophytologen haben betreffs ihrer systematischen Stellung lange geschwankt, doch giebt die Fiederbildung ihrer Zweige den Ausschlag für ein Nadelholz

Man kennt mehrere aber zum Theil nur schwierig zu bestimmende *Walchia*-Arten. Sie beginnen einzeln und spärlich in der Steinkohlenformation und treten im Rothliegenden — sowohl nach der Artenzahl als auch oft nach der Individuenmenge — stärker in den Vordergrund. In jüngeren Formationen findet man nichts mehr von ihnen. Am besten bekannt ist *Walchia piniformis* SCHLOTH. *(Lycopodites piniformis)*, Es sind bebletterte Zweige mit zahlreichen dicht gedrängten fiederständigen Seitenzweigen und der allgemeinen Tracht der *Ar. excelsa*. Die Blätter sind zahlreich und oft dicht gedrängt, sitzend und am Grunde etwas verbreitert, ein wenig herablaufend, spiralig gestellt. Sie sind meist sichelförmig eingebogen, ändern aber je nach ihrer Stelle auf älteren oder jüngeren Zweigtheilen etwas ab in Gestalt und Grösse. Man kennt auch *Walchia*-Zweige mit Seitenzweigen, die an der Spitze kleine länglich-eiförmige Zapfen mit dichtdachigstehenden vorn zugespitzten Schuppen tragen. Diese *Walchia*-Zapfen kommen in der äusseren Gestalt einigermaassen mit solchen von Araucarien überein. *W. piniformis* kommt in der oberen Region der Steinkohlen-Formation spärlich und im Rothliegenden sehr häufig vor. Wahrscheinlich gehören zu diesen Zweigen eine oder die andere Art der verkieselten Stämme aus den Sandsteinen der gleichen Ablagerungen, die man mit dem Namen *Dadoxylon* bezeichnet.

Zu diesen araucarienartigen Coniferen der älteren Formationen kommt aus

der oberen Region des Devon-Systems noch die von UNGER beschriebene noch vereinsamter stehende Gattung *Aporoxylon*, die eine der primitiven Formen der Klasse sein dürfte. *Aporoxylon primigenium* aus dem Cypridinen-Schiefer von Saalfeld in Thüringen ist in verzweigten walzigen Stamm- und Aststücken erhalten. Der Stamm besteht aus den drei Theilen, einem weiten centralen Markcylinder, der in reichlicher Entwicklung das Innere des Stammes einnimmt, einer dichten cylindrischen Holzröhre mit Markstrahlen aber ohne Jahreslagen, endlich dem Rindenkörper. Es ist wahres Coniferenholz, aber ein eigener Charakter zeichnet es aus, Holzzellen ohne Tüpfel oder Poren. Dieses Holz zeigt also einen einfacheren und ursprünglicheren Bau, als das der übrigen Nadelhölzer. Das Holzgewebe zeigt nur spindelförmige dickwandige (prosenchymatische) Holzzellen, vollkommen wie bei Coniferen aber ohne deren Tüpfel. Markstrahlen aus dünnwandigen Parenchym-Zellen bestehend durchsetzen in schmalen und breiteren Radien den Holzkörper. Sie sind meist einreihig, seltener zweireihig.

Aporoxylon ist also ein in eigenthümlicher Weise von allen übrigen Gattungen durch das Fehlen der Tüpfel abweichendes Nadelholz. Nadeln und Blüthenstand sind auch mit den Stammbruchstücken vorgekommen, aber nur in undeutlichen Resten, auf die sich nicht bauen lässt.

Die kleine nur drei Gattungen der heutigen Flora begreifende Abtheilung der Gnetaceen, *Gnetaceae*, hat man bald als eine eigenthümlich abweichende Ordnung der Coniferen betrachtet, bald auch von diesen abgesondert. Bei ihnen hat die Blüthe, sowohl die männliche als auch die weibliche, bereits ein deutlich entwickeltes Perigon. Die drei hierher gezählten Gattungen bilden Sträuche und Bäume von weit abweichender Tracht. Von ihrer geologischen Geschichte ist theils nur wenig, theils noch gar nichts bekannt.

Die Gattung *Ephedra* begreift Sträucher von der Tracht der Equiseten und Casuarinen, sehr spärlicher Beblätterung und reichlicher Verzweigung. Die langen und dünnen walzigen Zweige sind gegliedert, mit grüner Rinde bedeckt und gerillt. Daran sitzen kleine schuppenförmige Blättchen, die je zu zwei gegenständig auftreten und zusammen zu einer Scheide verwachsen. Aus ihren Achseln entspringen Seitenzweige. Die Blüthenstände sind kätzchenförmig. (LINNÉ'sche Klasse XXII. *Dioecia*). *Ephedra distachya* L. ein 0,6 Meter Höhe erreichender sehr ästiger auf den ersten Anblick blattlos erscheinender Strauch, findet sich in Süd-Europa, besonders an felsigen und sandigen Stellen der Meeresküste, aber auch in Süd-Tyrol und Wallis. — Andere Arten in Afrika und Süd-Amerika. Man kennt aus der Oligocän-Stufe zwei *Ephedra*-Arten, eine im Bernstein des Samlandes, eine andere im Schieferthon von Sotzka in Steiermark, beide nur nach spärlichen Resten. (Unterscheidung der Zweigbruchstücke von Casuarinen-Resten schwierig.)

Die Angiospermen oder bedecktsamigen Blüthenpflanzen, *Angiospermae* (vergl. pag. 3), unterscheiden sich von den nacktsamigen durch die Ausbildung eines von den zusammenschliessenden Fruchtblättern oder Carpellen dargestellten Behälters, des Fruchtknotens (Eierstock, *Ovarium*) in dessen Innerem die Samenknospen entstehen, befruchtet werden und zum Samen heranreifen. Bald erscheint nur je ein, bald werden mehrere Fruchtknoten entwickelt und im ersteren Falle kann derselbe einfächerig und mehrfächerig sein.

Hier erscheint auch allein im Pflanzenreich die eigentliche Frucht, d. h. ein zusammengesetzteres Generativ-Gebilde, welches durch eine die Reifung des Samens begleitende mehr oder minder weit gehende Umgestaltung des Frucht-

knotens entsteht und in dessen Bau gewöhnlich auch andere Blüthen-Theile, am häufigsten der Kelch, noch eintreten.

Was die Blüthe betrifft, so stehen in deren Bau noch ein Theil der Angiospermen, namentlich die niedrigeren Formen den Gymnospermen ziemlich gleich. Sie ist dann namentlich oft noch hüllenlos oder hat nur einen einförmigen Hüllblätterkreis, *Perigonium*. Bei den übrigen Angiospermen gestaltet sich die Hülle zu zwei mehr oder minder stark von einander abweichenden Blattkreisen, einen inneren meist bunten, der Blumenkrone, *corolla*, und unterhalb dieses noch einem äusseren Kreise meist grüner und vegetativer Blüthenblätter, dem Kelch, *calix*. Auch können noch tiefer an der Spindel stehende Blätter als Deckblätter, *Bracteae*, zur Blüthe oder zum mehrzähligen Blüthenstand herangezogen werden.

Was das Geschlecht der Angiospermen betrifft, so treten auch hier noch viele diclinische Formen auf und besonders in den niedriger stehenden Abtheilungen. Die Mehrzahl aber haben Zwitterblüthen und von diesen sind sehr viele in ausgezeichneter Weise dem Insecten-Besuch angepasst.

Im Allgemeinen charakterisiren sich die am höchsten abgestuften Angiospermen-Formen überhaupt durch ausgesprochene Verschiedentlichung der Blüthenblattkreise in Krone und Kelch — durch zwittriges Geschlecht — und durch Abhängigkeit der Befruchtung vom Besuch gewisser Insecten. Diese höchste Steigerung zeigt sich aber in verschiedenen Abtheilungen und hat alsdann nur die Bedeutung einer Analogie, deren Anwendung auf Systematik und Ermittelung der geologischen Geschichte Irrthum mit sich bringen kann.

Die Angiospermen überhaupt stehen nach ihren anatomischen Charakteren namentlich aber nach Bau und Gestaltung von Blüthe und Frucht um eine gewisse Stufe höher als die Gymnospermen und die Vermuthung, dass sie in einer frühen geologischen Epoche aus einem oder dem anderen Zweige der letzteren hervorgingen, ist sehr wohl zu rechtfertigen. In dieser Hinsicht kommen erst die beiden Hauptklassen der Angiospermen — die Monocotyledonen oder Einsamenlappigen — und die Dicotyledonen oder Zweisamenlappigen — in näheren Betracht.

Diese zwei Hauptklassen stellen sich nach der Organisation ihrer Vertreter in der heutigen Flora im Allgemeinen als Parallel-Klassen dar, von denen die der Dicotyledonen mit einem Theil ihrer Ordnungen die höchste Stufe erreicht. Aber schon im Stammbau stellt sich ein näherer Anschluss der Dicotyledonen an die Coniferen heraus, während in gleicher Hinsicht die Monocotyledonen sehr vereinsamt dastehen. Wäre unser geologisches Archiv vollständiger, so würde man die aus obigen Thatsachen geschöpften weiter gehenden Fragen genauer beantworten können. Bei dem jetzigen Stande der Dinge liefert aber das geologische Archiv nur wenige Anhaltspunkte zur Beurtheilung des genetischen Zusammenhanges zwischen Cycadeen und Coniferen einerseits, Monocotyledonen und Dicotyledonen andererseits und die Ursprünge aller vier Hauptabtheilungen liegen hier noch im Dunkeln, vielleicht zum Theil aus dem Grunde, dass sie weiche, krautige, leicht vergängliche Gewächse waren.

Die Flora der Steinkohlen-Epoche enthält ziemlich viele Reste — Blätter, Früchte und Hölzer — die man mit mehr oder minder gutem Vertrauen auf Monocotyledonen bezieht, aber sie geben nur ungenügenden Aufschluss und werden von den neueren Botanikern anders gedeutet.

Noch zweifelhafter ist der erste Ursprung der Dicotyledonen und man weiss noch nicht, ob man sie von Gymnospermen oder von Monocotyledonen abzu-

leiten hat. Sichere Dicotyledonen-Reste erscheinen mit grösserer Bestimmtheit erst in der unteren und in reichlicherer Fülle in der mittleren Kreide-Formation und diese frühesten fossilen Vorkommnisse bringen keine bestimmte Lösung der schwebenden Frage.

Wir betrachten zuerst die Monocotyledonen oder die mit einem Cotyledon keimenden Angiospermen, *Monocotyledoneae*. Sie bilden in der Flora der Jetztwelt eine gut abgegrenzte und sehr natürliche Klasse, die der der Dicotyledonen ziemlich gleich steht, doch wohl nicht dieselbe Höhe der Organisation wie ein Theil der letzteren erreicht.

Sie sind noch in zahlreichen Ordnungen und Familien vertreten, aber von diesen sind viele auf die wärmeren Zonen beschränkt und von manchen derselben ist es geologisch sicher erweisbar, dass sie in älteren geologischen Epochen höhere Breiten bewohnten und der polaren Abkühlung folgend seither gegen den Aequator zurückwichen. So von den Palmen. In Lagern der Oligocän Epoche in Deutschland unter 51—52° nördl. Br. nachgewiesen sind sie jetzt bis auf eine einzige Art aus Europa verdrängt und diese reicht in Spanien und Italien nur bis 41 und 44°. Dies gilt überhaupt von den baumartigen Monocotyledonen, die heutzutage fast alle den tropischen Klimaten angehören. Ihr letzter kümmerlicher Nachzügler ist unser Schilfrohr in Deutschland, die einzige einigermassen verholzende Monocotyledonen-Art der kälteren Klimate.

Mehrere Familien zeichnen sich in den tropischen und subtropischen Zonen überhaupt durch grossartigen Wuchs, ansehnliche Stammbildung und oft auch sehr grosse Früchte aus. So die Musaceen, Pandaneen und Palmen, ferner die Gattungen *Aloë*, *Dracaena* und *Bambusa*.

Andererseits zeichnet sich eine Familie, die der Gräser, durch die grosse Anzahl ihrer Gattungen und Arten und einige Gattungen, wie *Carex*, durch die grosse Artenzahl aus. Sie sind im Allgemeinen weiter verbreitet und reichen zum Theil noch in die Polarregion. Diese artenreichen Formen dürften in geologischer Hinsicht zu den jüngeren Erzeugnissen gehören und sind sicher zum Theil auch in der arktischen Region entstanden und von da allmählich ausgestrahlt. Sie sind auch fast alle von unansehnlichem Wuchs und reichlicher Rhizombildung, so wie durch vielgegliederten Balgschutz der Blüthe ausgezeichnet, was sehr wohl auf eine Entstehung in rauherem Klima gedeutet werden kann.

Die meisten Monocotyledonen sind Festlandbewohner, aber auch viele in Sümpfen und stehendem oder fliessendem Süsswasser verbreitet. Durch Wiesenbildung ausgezeichnet sind die Gräser. Buschwaldungen in feuchten Flussebenen der Tropen bilden die Bambusrohr-Arten. Bei der Torfbildung sind viele Monocotyledonen betheiligt z. B. die Schilfrohre, die Wollgräser u. a.

Einige wenige Gattungen reichen in die obere an die Ebbe-Linie stossende Region des Meeres, namentlich das Seegras, *Zostera*. Diese marinen Monocotyledonen reichen weit zurück, Zosteriten kennt man schon in der Purbek-Stufe, andere schon im Lias.

Was die vegetativen Theile der Monocotyledonen betrifft, so sind sie im Allgemeinen durch eine gewisse Neigung zur Streckung und zum Gleichlauf ihrer Gewebetheile ausgezeichnet, was sich auch äusserlich gern in schlanken unverästelten Stengeln und in langgestreckten längsstreifigen Blättern kund giebt

Der Stengel oder Halm oder Stamm besteht aus parenchymatischem Grundgewebe, welches in der Regel keinen ausgesprochenen Gegensatz von Mark-

und Rindentheil hervortreten lässt und aus zerstreuten Gefässbündeln, welche gewöhnlich gegen den Umfang hin gedrängter stehen. Selbst im Querschnitt des ausdauernden Monocotyledonen-Stammes sind daher weder Jahreslagen, noch Markstrahlen, oft nicht einmal ein ausgesprochener Markkörper zu unterscheiden. Man könnte wohl auch sagen, der Monocotyledonen-Stamm hat kein Holz — wenn man nur das concentrisch und radial angeordnete der Gymnospermen und Dicotyledonen als wahres Holz betrachten will. Holzähnlich erscheint aber oft z. B. bei Typhaceen und Palmen eine besondere Lage des Stammes zwischen Rinde und Mark, in welcher die Bündel dichter gedrängt erscheinen und auch wohl stärker verholzt sind.

Bei den Monocotyledonen sind die Gefässbündel gleich wie die der Farnen und der übrigen Gefäss-Kryptogamen schon frühe geschlossen. Sie bestehen aus zwei Gewebe-Gruppen, einem Holztheil *Xylema,* und einem Basttheil *Phloëma.* Das Cambium fehlt. Daher sind die Bündel geschlossen und der Stamm verlängert sich nur durch Gipfelwachsthum und in gleicher Dicke. Auf dem Querschnitt der Achse erscheinen sie meist durch das ganze Grundgewebe zerstreut, auch im Rinden- und Marktheil. So bei den Palmen, namentlich den Rotangpalmen (dem sogen. spanischen Rohr).

Die aus jedem Blatt in grösserer Anzahl neben einander in den Stamm abwärts gehenden Gefässbündel oder Blattspurstränge verlaufen zuerst im Bogen ab- und einwärts gegen die Stamm-Mitte zu, biegen dann ab und wenden sich wieder etwas nach aussen. Sie vereinigen sich dann schliesslich nach längerem oder kürzerem Verlauf mit anderen älteren Gefässbündeln. Diesen Stammbau hat zuerst H. v. Mohl an halb vermoderten Palmstämmen, wie sie das Meer an den Azoren oft auswirft, nachgewiesen.

Die Lagerung von *Xylema* und *Phloëma* in den Bündeln der Monocotyledonen ist verschieden. Bei den Palmen liegt das *Xylema* oder der Holztheil des Bündels der Mitte und das *Phloëma* oder der Basttheil dem Umfange des Stammes zugewendet. Dies ist die typische Form. Oder es kann auch der Bast den inneren der centralen Theil des Bündels bilden, wie beim Spargel. Im einen wie im anderen Fall bleibt im vollkommen ausgebildeten Strang keine besondere Schicht von Theilungsgewebe oder Cambium übrig. Der Stamm wächst daher nur an der Vegetations-Spitze empor, auch hier wohl noch eine Zeit lang im Umkreis. Einmal ausgebildet wächst er nicht mehr in die Länge, auch nicht mehr viel in die Dicke, verhält sich also ähnlich wie der der Gefäss-Kryptogamen. Dies ist namentlich bei den Palmen der Fall.

Gleichwohl sind *Dracaena* (Familie *Asparageae)* und einige baumartige Liliaceen ausgezeichnet durch ein lange andauerndes über die ganze Länge und den gesammten Umfang des Stammes ausgedehntes Dickenwachsthum. So erreichte der berühmte Stamm von *Dracaena draco* zu Orotava auf Teneriffa (im Jahre 1868 vom Sturm umgerissen) 5 Meter Durchmesser. Das Dickenwachsthum beruht aber auch hier nicht auf weiterer Ausbildung der primären Gefässstränge. Diese sind und bleiben geschlossen. Es bildet sich hier vielmehr ein neues Grundgewebe mit eingestreuten Gefässsträngen in einem eigenen corticalen Cambium-Mantel — am Umfang des Stammes innerhalb einer begrenzten Rindenzone. Dieser Vorgang dauert an und ihm verdankt der Stamm sein ausnahmsweises anhaltendes Dickenwachsthum. Hier umschliesst der secundäre Holzkörper die primäre Gewebeachse gleichsam wie ein Mark.

Bei anderen Monocotyledonen findet wieder ein etwas anderer Verlauf der

Gefässbündel als bei Palmen, Asparageen, Liliaceen u. s. w. statt. So im Halm *(culmus)* der Gräser *(Gramineae)*. Sie durchziehen hier die einzelnen Stengelglieder oder Internodien in paralleler Richtung. Aber in den Knoten desselben verschlingen sie sich unregelmässig und verzweigen sich zu einem Netze. Dies ist also ähnlich wie im Stengel der Equiseten (vergl. Band II, pag. 248). Das Mark ist bei diesen Gräsern zu Anfang ausgebildet, geht aber mitunter schon sehr frühe, namentlich im Verlaufe der Streckung der Internodien — durch Eintrocknungund Zerreissung — verloren, sodass der ausgebildete Halm in den Internodien hohl erscheint.

Was die Wurzeln der Monocotyledonen betrifft, so geht das Würzelchen des Embryo's oder die Keimwurzel, *radicula*, in der Regel bald zu Grunde und wird durch Nebenwurzeln, *radices adventivae*, (namentlich aus den Stengelknoten) ersetzt. Die Pfahlwurzel fehlt daher. Nur der Rohrkolben, *Typha*, hat eine echte Pfahlwurzel.

Die Blätter der Monocotyledonen sind meist einfach und ganzrandig, streifennervig, gewöhnlich langgestreckt und dann ziemlich parallelnervig, bisweilen steif und schwertförmig. Meist stehen sie abwechselnd. In der Regel sitzen sie mit breitem, scheidenförmigem Grund am Stengel, wie z. B. bei den Irideen und Pandaneen. Auf eigenen Stielen sitzen sie häufig u. a. bei den Musaceen und den Palmen. Scheidig umgewandelt sind die Blattstiele bei den Gräsern, bei welchen die an einer Seite offenen Scheiden oft mehrere jüngere Internodien einhüllen. Langgestreckt, oft schwertförmig oder lanzettlich-bandförmig sind die Blätter bei den Schwertlilien *(Irideae)* bei den Amaryllideen, den Gramineen u. s. w. Auch die Fiederblättchen der Fiedern und Fächer der Palmen. Dann sind die Nerven parallel und im ganzen Verlauf getrennt. Sie treten am Blattgrunde zahlreich ein. Bei den Gräsern sind sie am Grunde der Spreite scharf gebogen, dann weithin einander parallel laufend und erst in der Spitze wieder zusammengeneigt. Sind die Blätter mehr oval wie bei *Majanthemum*, so sind die meisten Nerven demgemäss zur Seite ausgebogen und convergiren vorn wieder. Eine andere Blattnervation erscheint beim Pisang, Familie *Musaceae*. Die langgestielten Blätter sind hier einfach, langgestreckt-zungenförmig. Der Blattstiel setzt sich ins Blatt als dicke unterseits stark vorspringende Mittelrippe fort und von dieser gehen unter mehr oder minder starkem Winkel zahlreiche feinere, parallele einfache Seitennerven aus. Zwischen den Seitennerven stellen sich streckenweise Einrisse der Blattspreite ein und versinnlichen den Uebergang des Pisangblatts in den gefiederten Wedel der Fiederpalmen, aus dem weiterhin durch Annahme einer Verkürzung der Spindel sich der Fächer der Fächerpalmen zur Genüge ableiten lässt. Seltener erscheinen bei Monocotyledonen netzartig nervirte Blätter, wie namentlich bei den Smilaceen.

Im Blüthenbau der Monocotyledonen herrscht die Dreizahl. Doch kommen Ausnahmen vor, bei *Paris quadrifolia* erscheint die Vierzahl. Bei den Gräsern macht sich eine symmetrische Bildung geltend. Die Decke der Blüthe oder das *Perigonium* besteht in der Regel aus zwei dreizähligen Blattkreisen und ist meist einfach — bald buntgefärbt und blumenkronenartig — bald kelchartig und grün, oft auch trockenhäutig. Seltener kann man an der Blüthendecke deutlich eine Krone und einen Kelch unterscheiden. Der innere Blumenblatt-Kreis ist dann corollenartig — der äussere kelchartig. So bei den Familien *Hydrocharideae, Alismaceae, Butomeae*. Bei anderen Monocotyledonen ist das Perigon stark verkümmert oder ganz eingegangen. So bei den Gramineen und Cyperaceen in

Folge der Ausbildung von Bracteen tieferer Ordnung zu einem besonderen Schuppenkleid von Spelzen *(paleae)* und Bälgen *(glumae)*, das sich erst nach langer geschützter Entwicklung der Blüthe öffnet.

Die Monocotyledonen-Frucht erscheint unter vielen Gestalten z. B. als Beere und als Steinfrucht. In der typischen Form ist sie gemäss der Dreizahl des Blüthenbaues dreifächerig, wobei aber oft ein oder zwei Fächer fehlschlagen. Oder es entwickeln sich auch wohl drei getrennte einfächerige Früchte. Samen erscheinen in der Frucht gewöhnlich so viele als Fächer. Sehr abweichend ist die einfächerige und einsamige Schliessfrucht *(caryopsis)* der Gräser mit ihrer symmetrischen Bildung. Der Samen keimt meist nur mit einem Samenblatt, Cotyledon. Selten erscheinen (bei einigen Gräsern) mehrere Cotyledonen, aber in verschiedener Höhe. Das Würzelchen des Embryos geht meist bald zu Grunde, daher die erwachsene Pflanze keine Pfahlwurzel bildet, sondern für diese eine Anzahl von Nebenwurzeln *(radices adventivae)* auftreten.

Man zählt in der lebenden Welt etwa 15000 Arten von Monocotyledonen. Die grösste Zahl der Arten kommen auf die *Orchideae*, dann die *Gramineae*, *Cyperaceae* und *Liliaceae*. Danach erst folgen die Palmen mit etwa 1000 Arten.

Die Klasse zerfällt in mehrere Ordnungen, die meisten mit einigen Familien. Diese halten sich alle auf ziemlich gleicher Organisationshöhe und vielleicht war diese sogar in der Steinkohlen-Formation, der die ältesten monocotyledonischen Fossilien angehören sollen, bereits erreicht — oder doch mindestens in der Triasformation. (Neuere Botaniker bezweifeln das Vorkommen echter Monocotyledonen in der Steinkohlen-Epoche.)

Die erste Ordnung der Monocotyledonen begreift die *Helobiae*. Es sind Wasser- oder Sumpfflanzen, auch wohl Meeresbewohner wie *Zostera*. Ihre Tracht ist sehr verschieden. Langgezogene grasartige Blätter erscheinen bei *Zostera* und *Vallisneria*, gestielte mit herzförmiger Spreite, einem Mittelnerv und mehreren bogigen Seitennerven bei *Hydrocharis*. Die Blüthenhülle fehlt bei *Zostera* und *Potamogeton* ganz, wogegen sie bei den Familien *Hydrocharideae*, *Alismaceae* und *Butomeae* doppelt ist und eine Blumenkrone nebst einem Kelch unterscheiden lässt. Mehrere Helobien nehmen lebhaften Antheil an der Torfbildung. In Tertiärschichten sind mehrere Gattungen vertreten, wie namentlich *Potamogeton* im obermiocänen Süsswasser-Kalk von Oeningen.

Am wichtigsten ist die Gattung *Zostera* (Fam. *Zosteraceae)* mit mehreren meeresbewohnenden Arten.

Es sind untergetaucht wachsende Seepflanzen mit dünnen, kriechenden oder fluthenden Stengeln, die im Schlamm und Sand der Küstenzone wurzeln und oft ausgedehnte untermeerische Wiesen bilden. Die Blätter sind schmal-linealisch und grasartig, oft meterlang, ganzrandig, längsnervig, mit 1 oder 3 Nerven. Sie bilden am Grunde eine Blattscheide, welche die Blüthe umschliesst. Zwei *Zostera*-Arten kommen an der deutschen Küste vor, *Z. marina* L. und *Z. nana* Roth. Die Blätter dienen als Dünger und zum Ausstopfen, sie stellen das sogen. Seegras dar. *Zostera marina* L. hat breit lineale riemenförmige und dreinervige Blätter. Der Stengel wird 0,6—1,3 Meter lang. Dieses Seegras ist häufig auf sandigem Schlammboden an den Küsten der Nordsee und der Ostsee, besonders an flachen Strecken unterhalb der Ebbegrenze. Die Pflanze wird gewöhnlich nur bei starker Ebbe vorübergehend blossgelegt, sie geht aber auch in etwas tiefere Regionen hinab. *Z. mediterranea*, das Tanggras (Gatt. *Cymodocea)* findet

sich unter ähnlichen Verhältnissen im Mittelmeer und ist in allen vegetativen Theilen grösser.

Fossile Zosteriten kennt man schon aus Jura- und Kreide-Schichten, noch mehr aus Tertiär-Schichten, z. B. zu Monte Bolca, Radoboj u. a. O. Ueber den Dammerde-Schichten (dirt-beds) der Purbeck-Stufe auf der Halbinsel Purbeck (Dorsetshire, südöstliches England) folgt zunächst grünlicher Schieferthon mit Resten von *Zostera* und Säugethieren. Dann folgt eine Abwechslung von brackischen und meerischen Schichten. Dreinervige *Zostera*-Blätter aus dem Miocän von Radoboj in Croatien deuten UNGER und v. ETTINGSHAUSEN auf die heute noch an Europa lebende *Zostera marina* L.

Als Cauliniten bezeichnet man verschiedene Arten kurzgegliederter und verzweigter Stengel, welche nach ihrer Gestalt und namentlich nach der Bildung der Blattansätze und der Blattnarben denen von *Zostera* und anderen verwandten Gattungen, wie *Caulinia*, nahekommen. Sie finden sich besonders in meerischen und brackischen Tertiärschichten. Hierher gehört *Caulinites parisiensis* BROGN. (*Amphitoites parisiensis* DESM.) aus den Gypsmergeln oberhalb vom Grobkalk der Gegend von Paris. Diese Form gleicht dem noch mit Blattbasen besetzten Stengel der mittelmeerischen *Zostera oceanica* oder *Posidonia oceanica*. Es sind verzweigte Stengel, die je nach dem Alter der Internodien ein verschiedenes Aussehen zeigen und an den jüngeren noch mit Blattbasen besetzt sind, während die älteren nur noch Blattnarben, Astnarben u. s. w. erkennen lassen. Diese Stengel wurden anfänglich für Bryozoen-Stöcke gehalten, denen sie aber nur äusserlich ähnlich sehen.

Die Ordnung der Kolbenblüthler, *Spadiciflorae*, begreift sowohl krautartige Pflanzen als auch ansehnliche Bäume, wie die Pandanen und Palmen, die heute meist der Tropenzone angehören. Unter den krautartigen Formen sind besonders Sumpfbewohner, die auch in die kälteren Zonen reichen.

Bei allen Spadicifloren sind die Blüthen klein und unansehnlich, aber zahlreich vergesellschaftet. Sie sind gewöhnlich diclinisch (wie *Typha*, *Sparganium*, *Arum*, *Cocos* in Klasse XXI. *Monoecia* oder *Pandanus*, *Chamaerops*, *Phoenix* in Klasse XXII. *Dioecia*). Die Blüthen besitzen entweder gar keine Hülle wie bei *Arum*, *Acorus*, *Calla*, oder ihr Perigon besteht aus ziemlich unansehnlichen schuppenförmigen Blättchen, so bei *Sparganium* aus drei Schüppchen, bei *Typha* aus zahlreichen Haaren. Bei den Palmen erscheinen zwei alternirende dreizählige Wirtel — Blumenkrone und Kelch. Die Blüthen stehen meist dicht gedrängt auf einer kolbenförmigen fleischig verdickten Spindel oder einer *Spadix*. Einen walzenförmigen Blüthenkolben hat *Typha*, kuglig ist er bei *Sparganium*. Bei den Palmen ist der Blüthenstand meist verästelt und bald eine Aehre, bald eine mehr ausgebreitete Rispe. Der Blüthenstand ist wenigstens zu Anfang von einem gemeinsamen nicht grünen scheidenartigen Hüllblatt oder einer *Spatha* umgeben. Diese Blüthenscheide ist nur eine ungewöhnlich mächtig entwickelte Bractee, der *Gluma* der Gräser gleichwerthig. Die Spatha ist oft blumenblattartig gefärbt, z. B. weiss bei *Calla aethiopica*, gelbgrün bei *Arum maculatum*. Bei den Palmen umgiebt den Blüthenstand eine ein- oder mehrblätterige Spatha, die oft lederartig wird.

Die Blätter der Spadicifloren sind häufig lineal, ganzrandig und am Grunde scheidenförmig wie bei den Typhaceen, gestielt bei *Arum* und *Calla*, bald gefiedert, bald fächerförmig bei den Palmen und immer längsstreifig.

Die Familie der Typhaceen, *Typhaceae*, mit den Gattungen *Typha*, Rohr-

kolben- und *Sparganium*, Igelkolben, begreift ausdauernde, grasähnliche Sumpfspflanzen mit zweizeiligen linealischen Blättern, die am Grunde offene Scheiden bilden. Die Blüthen sind einhäusig und stehen dicht gedrängt in kolbigen oder kugeligen Blüthenständen, die keine gemeinsame Spatha erhalten. Man kennt 15 lebende Arten in Europa, Nord-Asien und Nord-Amerika, aber auch in wärmeren Zonen.

Die *Typha*- und *Sparganium*-Arten nehmen an der Torfbildung namentlich durch ihre weithin kriechenden Rhizome oft lebhaften Antheil. *Typha latifolia* L. in stehenden Wassern, Sümpfen und Flüssen ist eine der verbreitesten Arten in Europa, Nord-Asien und Nord-Amerika. Der Wurzelstock kriecht weit unter dem Boden hin, ist 1—3 Centim. dick, in Internodien gegliedert. Der steif-aufrechte Stengel wird 1,5—2 Meter hoch und trägt langscheidige Blätter mit flacher linealischer Spreite, sie überragen nicht ganz den Stengel und erreichen 1,25 Centim. Breite.

Von den in Tertiärschichten ziemlich artenreich vertretenen Typhaceen betrachten wir *Typha latissima* AL. BRAUN (*Typha fragilis* LUDW. *Typhaeoloipum maritimum* UNG.). Es sind parallelnervige Blätter ohne Mittelrippe, lang-lineal, nach vorn allmählich zugespitzt, 3—10 Centim. breit. Sie zeigen viele feine gleichstarke Längsnerven und sehr feine Quernerven. Man kennt auch Wurzeln, 3 bis 4 Millim. dick und mit langen Saugwürzelchen oder Zasern besetzt, die in Längsreihen stehen. *Typha latissima* war während der Tertiär-Epoche weit verbreitet. Sie findet sich im oligocänen Mergelschiefer von Häring in Tyrol, dann zu Sagor in Krain, Radoboj in Croatien, Parschlug in Steiermark, Bilin in Böhmen, Münzenberg und Salzhausen in Hessen und noch im obermiocänen Kalkschiefer von Oeningen am Bodensee.

Nach den Typhaceen schalten wir — in Ermangelung besserer Kenntniss — die triasischen Gattungen *Aethophyllum* und *Echinostachys* vorläufig ein. Es sind rohrartige Gewächse, die theils an Typhaceen, theils an gewisse Glumaceen, bes. Schilfrohre und Cyperaceen erinnern, aber erloschen und nicht nach allen anatomischen Einzelheiten bekannt sind, vielleicht auch Vorfahren von mehr als einer der heutigen Familien derstellen.

Aethophyllum begreift einfache und verästelte rohrartige Monocotyledonen aus dem oberen Buntsandstein der Vogesen und zwar zwei Arten, die sich besonders durch die ungleiche Länge des Blüthenstandes unterscheiden. Der Stengel ist gerade, aufrecht, verzweigt, etwas verholzt, glatt oder fein gestreift, vielleicht einen oder selbst mehrere Meter hoch. Die Achse endet in einen ährenförmigen Blüthenstand. Andere blüthentragende Zweige entspringen zum Theil zahlreich aus Blattachseln und endigen jeder in eine etwas kleinere Aehre. Die Blätter sind sehr lang, ganz eben, lineal, vorn abgestumpft. Sie sind fein-parallelnervig, ohne Hauptnerv. Sie stehen je zu dreien genähert, jedoch ohne Wirtelbildung. Sie laufen am Stengel mit ihrer ganzen Breite herab. Der Blüthenstand ist eine gedrängte mehr oder minder gestreckte Aehre. Die am Gipfel des Stengels ist am längsten, die der Zweige sind kürzer. Die einzelnen Blättchen zeigen steif abstehende schmale lanzettliche Blättchen. Man sieht aber nicht, ob es Perigon Blättchen oder Bracteen sind. Letzteres dürfte das Wahrscheinlichere sein. Der Samen ist walzig-eiförmig, 2 Millim. lang und steht in den Achseln der Bracteen. *Aethophyllum stipulare* BROGN. hat eine ovale ziemlich kurze Blüthenähre mit langen Bracteen. Stengel einfach mit einigen linearen Blättern — vielleicht unverästelt. Bei *Aeth. speciosum* SCHIMP. ist die Blüthenähre sehr lang, namentlich erreicht die achsenständige Aehre über 20 Centim. Länge. Die zweigständigen

Aehren sind ebenfalls walzig, erreichen aber nicht ganz dieselbe Länge. Der Stengel ist holzig und reichlich verzweigt, mindestens 60 Centim. hoch. Beide Arten fanden sich in der oberen Abtheilung des Buntsandsteins zu Sulzbad im Elsass.

An die Aethophyllen schliesst sich die ebenfalls im Buntsandstein des Elsasses vorkommende und hier durch zwei Arten vertretene, aber nur sehr unvollständig bekannte Gattung *Echinostachys* an. Man kennt von ihr kurzkolbenförmige Blüthen- oder Fruchtstände mit gedrängten sitzenden Blüthen oder Früchten. Dieser Kolben ist ringsum stachelig und kommt im äusseren Ansehen dem kugeligen Fruchtstande der Typhaceen-Gattung *Sparganium* ziemlich nahe.

Den Typhaceen schliesst sich die heute der tropischen Zone angehörige Familie der Pandaneen, *Pandaneae*, an. Sie begreift Bäume mit gewöhnlich verzweigten, oft von mächtig entwickelten Luftwurzeln getragenen Stämmen und mit spiralig gestellten langen bandartigen, am Rande oft stachelig gezähnten Blättern, deren Nerven parallel laufen. Die Blüthen sind diclinisch und haben kein Perigon. Sie stehen auf einfachen oder verzweigten Kolben. Der Fruchtknoten ist einfach und enthält nur eine einzige Samenknospe. Der Blüthenkolben gestaltet sich aber durch Verwachsung der reifenden Fruchknoten zu einer Scheinfrucht (Sammelfrucht, *Syncarpium*). Man kennt 60 Arten von Pandaneen lebend, die alle den tropischen Gebieten, Süd-Asien, Australien und den tropischen Inseln der Südsee angehören.

Bei der Gattung *Pandanus (P. odoratissimus* L., *P. utilis* u. a.) sind die Blüthen zweihäusig. Der männliche Blüthenstand ist zusammengesetzt und straussförmig, der weibliche ein einfacher Kolben und dicht bedeckt mit nackten einfächerigen und einsamigen Fruchtknoten. Die aus diesen hervorgehenden Steinfrüchte sind oft partienweise mit einander verwachsen. Die Pandaneen bilden palmenähnliche etwas strauchartige, gabelig verzweigte Bäume von 3—6 Meter Höhe, von zahlreichen starken oberirdischen Wurzeln getragen. Die Krone ist gabelig verästelt und die starren, fast schwertförmigen Blätter stehen am Ende der Aeste gehäuft. Sie werden bis ein Meter lang und sind am Rande und auf dem Kiele der Unterseite stachelig. Die weiblichen Blüthenstände sind kugelig und herabhängend.

Zwei *Pandanus*-Arten erscheinen in der Kreideformation (Gosau-Schichten) von Nieder-Oesterreich. Andere *Pandanus*-Arten kennt man aus dem oberen Oligocän von Sotzka in Steiermark und dem unteren Miocän von Sagor in Krain.

Zu den Pandaneen zählt man auch *Podocarya Bucklandi* Ung. einen kugeligen Fruchtstand aus der mittleren Jura-Formation *(Inferior Oolite)* von Charmouth in Dorsetshire, England, der nach R. Brown dem von *Pandanus* nahe kommt, nach Ad. Brongniart wenigstens einer den Pandaneen verwandten Familie angehören mag.

Es ist eine zusammengesetzte Frucht von der Grösse einer starken Orange (90 Centim. Durchmesser) mit kurzem dickem, die Achse bildendem Stiele. Auf dieser Achse sitzen eine sehr grosse Zahl kleiner, sehr lang gestielter Früchtchen, die mit ihren Seiten verwachsen sind. Es sind mehr oder minder regelmässige oder durch die Drängung etwas zusammengedrückte, gewöhnlich sechskantige Steinfrüchte, deren sechseckiger Scheitel mit 5 Millim. Durchmesser, die freie Oberfläche des Fruchtstandes bilden hilft. In der Mitte jedes Scheitelfeldes deutet ein Grübchen die Stelle des Griffels *(stylus)* an.

Die Familie der Nipaceen nimmt eine Mittelstellung zwischen Pandaneen

und Palmen ein. *Nipa fruticans* hat einen ganz in den Boden versenkten Stamm und findet sich in Süd-Asien auf sumpfigen Niederungen, besonders an den Mündungen grosser Flüsse. Ihre in Büscheln stehenden länglichen Steinfrüchte treiben namentlich in den verschiedenen Armen der Ganges-Mündung zusammen mit anderen Früchten der Waldungen der Flussniederung in Menge herab und dem Meere zu.

Aehnlich den Früchten der *Nipa* sind gewisse in den marinen Eocän-Schichten (London clay) der Insel Sheppey (Themse-Mündung) mit anderen tropischen Sämereien reichlich eingestreute, ziemlich grosse Steinfrüchte, mit einer faserigen Hülle. Ihre Gestalt ändert etwas je nach der Stelle, die sie im Fruchtstande einnahmen und dem Druck, den eine im Verlauf des Wachsthums auf die andere ausübte. BOWERBANK beschrieb diese Nipaceen-Früchte aus dem London-Thon der Insel Sheppey unter dem Gattungsnamen *Nipadites* und zählte 13 Arten auf. Sie haben im Allgemeinen die äussere Gestalt der Einzelfrüchte von *Pandanus*, aber die faserige Hülle *(mesocarpium)* der von *Nipa*. Es sind ovoide, oblonge oder spindelförmige Früchte, deren kantige Gestalt erkennen lässt, dass sie aus einem kopfförmig zusammengedrängten Blüthenstand, ähnlich wie bei *Pandanus* und *Nipa* hervorgingen. Im Innern enthalten sie nur einen einzigen dicken ovoiden Samen. Nach BRONGNIART sind die *Nipadites*-Früchte denen von *Nipa* sehr nahe verwandt, wenn nicht mit denselben generisch ident. Die Unterschiede der einzelnen Exemplare sind zum Theil sehr geringfügig und mögen theils auf individueller Variation, theils auf ungleichem Grade der Reife beruhen, theils von ungleicher Stellung der in demselben Blüthenstand aufwachsenden Früchte herrühren. ETTINGSHAUSEN unterscheidet von Sheppey nur zwei *Nipadites*-Arten, *N. Bowerbanki* ETT. mit 11 Synonymen und *N. semiteres* BOW.

Die auffallend reichliche Anhäufung von Nipaditen und anderen tropischen Früchten im London-Thon auf Sheppey hat die Geologen vielfach beschäftigt. Es scheint, dass dieselbe auf einer Herabschwemmung durch einen grossen Fluss, der hier zum Meere mündete, beruht. (Andererseits war vermuthet worden, es habe hier nahe der Festlandküste ein Auswurf exotischer fernher gebrachter Früchte und Samen durch eine Meeresströmung stattgefunden, ähnlich wie noch heute ein Arm des Golfstromes Früchte und Baumstämme aus dem tropischen Amerika an der Westküste von Europa anspühlt.)

Die höchste und artenreichste Familie der Ordnung *Spadiciflorae* sind die Palmen, *Palmae, Principes*, für den Paläontologen unstreitig die wichtigste aller Familien der Monocotyledonen. Man pflegt sie auch wegen ihrer hervorragenden Rolle als besondere Ordnung abzuhandeln und LINNÉ nannte sie *Principes*, Fürsten des Pflanzenreiches, was sich auf ihr oft sehr majestätisches Ansehen beziehen, aber nicht sonderlich aus dem Bau von Stamm, Blüthe und Frucht begründen lässt.

Die Palmen sind meist ansehnliche und oft sehr hohe Bäume mit gewöhnlich einfachem, säulenförmigem Stamm, der die Blätter als dicht zusammengedrängten Schopf auf dem Gipfel trägt. Andere haben sehr verkürzte, auch wohl niederliegende Stämme. So erreicht die südeuropäische Zwergpalme nur 1 bis 2 Meter Höhe. Es giebt endlich auch sehr schlanke rankende und klimmende Arten, die sich zwischen Stämmen und Aesten anderer Bäume auf und ab wenden, wie die Rotang-Palmen von Ostindien. Die hohen Stämme sind fast immer einfach und unverästelt, dabei meist in der ganzen Länge gleich dick. Diese Formen erreichen von allen aufgerichteten Monocotyledonen die beträchtlichsten Höhen

Nach A. v. HUMBOLDT, der sich mit Vorliebe mit den Palmen befasste, ist *Ceroxylon andicola* die höchste aller lebenden Palmen. Sie wächst ia 2600-2900 Meter Meereshöhe in den Anden von Süd-Amerika und wird 180 Fuss (58 Meter) hoch. Noch grössere Längenmaasse erlangen die klimmenden dünnstämmigen Rotang-Palmen, namentlich *Calamus rotang* in Wäldern auf Java 100—160 Meter Länge bei nur etwa 2,5 Centim. Dicke. Einige Palmen verästeln sich bei einer gewissen Höhe des Stammes dichotomisch und jeder Gabelast trägt dann seinen eigenen Blätterschopf. So die in Ober-Aegypten verbreitete Dum-Palme, *Hyphaena crinita* GAERT. *(Cucifera thebaica* L.).

Die Stämme der meisten Palmen zeigen anstatt einer echten Rinde noch eine zusammenschliessende Bedeckung mit den schuppenartigen Basen der grossen scheidig ausgebreiteten Blattstiele. So die in Ostindien einheimische Sago-Palme, *Sagus farinifera* LAM. Oder die Blattstiele lösen sich später nach dem Absterben des Blattes ganz ab und hinterlassen auf dem Stamm ebensoviele ringförmige Blattstielnarben. So bei der süd-europäischen Zwergpalme, *Chamaerops humilis* L., bei der Dattelpalme, bei der Dum-Palme, der Kokos-Palme und vielen anderen.

Manchmal ist auch der Stamm der Palmen am Grunde reichlich mit Luftwurzeln bedeckt, doch nur auf 30—50 Centim. Höhe, in anderen Fällen auch wohl auf ein Gerüst starker Luftwurzeln emporgehoben.

Das Innere des Palmenstammes besteht aus einem mehr oder minder reichlich entwickelten parenchymatischen Mark und zerstreut aufsteigenden (im Mittel meist so gut wie parallel laufenden) Gefässbündeln. Der Querschnitt eines solchen Stammes zeigt unterhalb der aus Zellgewebe bestehenden Rindenschicht noch zwei oder drei unterscheidbare Lagen. In der ganzen Mittelregion des Stammes herrscht der parenchymatöse Theil mehr oder minder vor. Man spricht daher auch von einem Marke der Palmen. So besonders bei den ost-indischen *Sagus*-Arten, deren Stamm innerhalb einer etwa 5 Centim. dicken holzigen Umfangsschicht ganz aus weissem, weichem, nahrungshaltigem Mark besteht. In der Regel aber ist auch der Achsenkörper des Palmenstammes noch von zahlreichen Gefässbündeln durchzogen, wenn sie auch nicht immer dicht zusammentreten wie beim Rotang *(vulgo* »spanisches Rohr«), bei welchem sie die ganze Mittelregion gleichmässig erfüllen. Gegen den Umfang zu pflegen die Gefässbündel sich zahlreicher zusammen zu drängen und bilden dann oft eine festere holzartige, auch wohl durch dunklere Färbung bezeichnete Lage, die auch — wiewohl nur ungenau — als Holzkörper betrachtet wird. Zwischen diesem scheinbaren Holzkörper und dem Rindenmantel, bildet sich auch zuweilen noch eine besondere Schicht mit spärlichen und dünnen Gefäss-Strängen aus und diese hat man — sehr mit Unrecht — früher dem Bast verglichen, auch wohl so genannt.

H. v. MOHL zeigte, dass im Palmenstamme die Gefässbündel weder genau parallel laufen, noch das Wachsthum desselben durch Bildung neuer Stränge in der Mitte geschieht und neue die älteren nach aussen drängen, wie man längere Zeit annahm. Die vom Entstehungspunkt eines jeden Blattes in grösserer Anzahl neben einander im Stamm abwärts gehenden Gefässbündel verlaufen erst in sanftem Bogen ab- und einwärts und nähern sich dabei dem Stamm-Inneren, dann aber biegen sie ab, wenden sich wieder etwas nach aussen und nehmen nun eine fast gerade nach unten gehende Richtung an. Man verliert endlich weiter hinab ihren Verlauf. Sie vereinigen sich aber dann schliesslich weiter unten nach längerem Lauf mit anderen älteren Gefässbündeln. Was die einzelnen Gefässbündel betrifft,

so ist noch zu bemerken, dass der der Achse des Stammes zugewendete Theil das *Xylema* ist, welches allein wirkliche Gefässe enthält. Der dem Umfang des Stammes zugekehrte Theil des Bündels dagegen oder der Basttheil, *Phloëma*, besteht nur aus dickwandigen Prosenchymzellen. An der Grenze beider erscheint meist noch ein Bündel gestreckter Parenchymzellen (oder sogen. eigener Gefässe, Saftgefässe).

Die Hauptwurzel stirbt bald ab und an ihre Stelle treten zahlreiche einfache oder verzweigte Nebenwurzeln und entwickeln sich zu einem dichten kegeligen Büschel. Seltener erscheinen Luftwurzeln höher oben am Stamm.

Die Blätter der Palmen sind gestielt. Der Stiel ist an der Basis scheidenförmig und stengelumfassend. Die Blattspreite ist bald fiederförmig-, bald fächerförmig getheilt. Man unterscheidet danach Fiederpalmen, *Palmae pinnatifoliae*, und Fächerpalmen, *Palmae flabellifoliae*. Die Fiederform ist die primitivere. Aus ihr lässt sich durch zunehmende Verkürzung der Blattspindel *(Rhachis)* die Fächerbildung ableiten, was auch im Entwicklungsgang eines einzelnen Blattes sich nachweisen lässt. In der Entwicklung ist jedes Palmenblatt gleich dem der Typhaceen u. s. w. zusammengefaltet (nicht wie bei den sonst physiognomisch ähnlichen Cycadeen spiral eingerollt). Die Blätter entspringen meist am Scheitel des Stockes, indem sich aus der Mitte einer umfassenden Gipfelknospe der Hauptachse — oder in einigen Fällen eines Gabelastes — neue Triebe fortwährend hervorschieben.

Die Zahl der ausgebildeten Blätter einer Palme ist verhältnissmässig gering, aber sie erreichen dafür oft eine beträchtliche Grösse. So erreicht von Fiederpalmen der Wedel der Dattelpalme *(Phoenix dactylifera)* 2,5 bis über 3 Meter Länge und darüber. Noch beträchtlicher ist der gefiederte Wedel von *Sagus Rumphi* WILLD., einer der ostindischen Sagopalmen. Er erreicht 6 bis 8 Meter Länge. Verhältnissmässig ebenso ansehnlich werden die zu Fächern verkürzten Wedel der Fächerpalme. So erreichen die der gemeinen Schirmpalme in Ost-Indien, *Corypha umbraculifera*, bis 4,5 Meter Breite und 6 Meter Länge.

Während bei den meisten Palmen die Blätter am Gipfel des Stammes einen mächtigen Schopf oder eine Krone bilden, stehen sie bei den schlanken Rotang-Palmen *(Calamus)* seitlich und entfernt wechselständig. Die Spitze derselben geht hier in eine stachelige Ranke aus, die den schlanken Stamm im Klettern unterstützt.

Die Fiederblättchen der Fiederpalmen sowohl als auch die diesen äquivalenten Strahlblättchen der Fächerpalmen sind immer längsstreifig durch zahlreiche parallele Nerven und mit einem starken Mittelstrang versehen, der am Grunde einen vorstehenden Kiel darstellt.

Die Blüthenhüllen der Palmen bestehen aus zwei dreizähligen Wirteln. Die drei inneren Abschnitte sind kronenartig, die drei äusseren sind kelchartig und oft kleiner. Die Blüthen sind überhaupt sehr klein, aber dafür äusserst zahlreich. Zum Theil stehen sie noch in der Achsel eines besonderen Deckblättchens. Die Palmen sind meist monöcisch wie *Cocos*, *Sagus* u. a. oder diöcisch, wie *Hyphaena, Chamaerops, Phoenix* u. a., nur selten zwitterig wie *Calamus*, *Corypha* u. a. Der Blüthenstand ist ein ährenförmig verästelter Kolben oder eine etwas mehr ausgebreitete Rispe. Ein einzelner Blüthenstand enthält oft eine ungeheure Anzahl von Blüthen. So die männliche Blüthenrispe der Dattelpalme, *Phoenix dactylifera* L., mit beiläufig 12000 einzelnenStaubblüthen. Den einzelnen Blüthenstand umgibt noch eine einblätterige oder mehrblätterige Spatha oder Blüthenscheide. Sie ist

meist lederartig, bald glatt, bald mit Stacheln besetzt. DerFruchtknoten besteht meist aus drei Fruchtblättern (seltner nur 2 oder 1) und ist einfach und alsdann 1 bis 3 fächerig oder es bilden sich statt dessen drei getrennte einfache Fruchtknoten.

Die Frucht ist vom bleibendem Perigon gestützt, ein- bis dreifächerig, bald beerenartig, bald mehr eine Steinfrucht darstellend, im Ganzen sehr verschiedentlich geartet. Oft erscheinen auch drei einfächerige Früchte, wie bei *Chamaerops humilis* L.

Wir wollen auf den Bau der Kokosnuss näher eingehen. Die Kokospalme, *Cocos nucifera* L. trägt an jedem Kolben etwa 10—30 Früchte, 20 Centim. dick und 25 Centim. lang. Diese Kokosnüsse sind eiförmig, etwas dreikantig und stellen eine durch Verkümmerung von zwei Samenknospen einfächerig gewordene Frucht dar. Sie zeigt noch äusserlich die Spuren ihrer Entstehung aus drei verwachsenden Fruchtblättern. Sie besteht aus folgenden Theilen: A. Fruchtschale, Fruchthülle, *Pericarpium* (1. *Epicarpium*. 2. *Mesocarpium*. 3. *Endocarpium* oder *Putamen*.) B. Samen, *semen* (und zwar 1. Samenschale, *Integumentum* und 2. Samenkern, *nucleus*, letzterer wieder a) aus dem Eiweisskörper, *Albumen* oder *Endospermium* und b) dem Keim oder Keimling, *Embryo*, bestehend. Die Fruchthülle oder Fruchtschale, *Pericarpium*, der aus den Fruchtblättern oder Carpellen des Fruchtknotens hervorgegangene Theil der Frucht, besteht aus drei Schichten. Die äusserste Schicht ist das Epicarpium und hautartig. Die Mittelschicht der Hülle der Kokosnuss oder das Mesocarpium, dem weichen Fruchtfleisch (Sarcocarpium) der Dattel entsprechend, besteht aus einer Faserlage, deren feste und zähe Fasern zu Matten und Tauen verarbeitet werden können. Unter der zähen Faserhülle liegt die innerste Schicht der Fruchtschale oder das Endocarpium. Sie ist hier dünn und sehr hart, von dunkelbrauner Farbe. Dies ist der Stein, Putamen. Er ist bei der Kokosnuss am Grunde mit drei Gruben versehen. Davon endigen zwei blind und entsprechen den fehlgeschlagenen Fächern des Fruchtknotens. Die dritte Grube durchbricht die Steinschale und führt gerade auf den kleinen Embryo, der auch beim Keimen hier herauswächst. Der Stein umschliesst den eigentlichen Samen mit seiner Samenschale, Integumentum. Das Eiweiss, Albumen, Endospermium, ist von rein zelligem Bau, weiss, anfangs milchig, später talgartig erhärtet. Dies ist die oft berührte sogenannte Kokosmilch des noch nicht ganz gereiften Samens. An der Seite des Eiweisses liegt der im Verhältniss der Grösse der Frucht sehr kleine Keimling oder Embryo. Er liegt in einer Höhlung im Umfang des Albumens und oberhalb von der durchbrochenen Stelle der Steinschale.

Man kennt in der heutigen Flora etwa 1000 Arten von Palmen, die bis auf wenige Ausnahmen der heissen Zone angehören und vorzüglich im tropischen Amerika und auf den Sunda-Inseln vorkommen. Nur wenige Arten wie *Mauritia flexuosa* L. und *Chamaerops humilis* L. bilden Waldungen für sich. Das eigentliche Palmen-Klima der Erde hat eine mittlere Jahreswärme von 25—27—30° C. Aber die Palmen bedürfen auch in den Tropen noch einen feuchten Boden und finden sich daher besonders am niederen Meeresstrand und in wasserreichen Flussthälern. Nur etwa 40 Arten erscheinen ausserhalb der Tropen und diese sind meist von ziemlich niederem Wuchs. Die am weitesten nach Norden reichende Palme ist die mittelländische Zwergpalme, *Chamaerops humilis* LIN. Sie findet sich häufig in Sicilien und erstreckt sich in Spanien bis 41°, in Italien (Nizza) bis 43 und 44° N. Br. Sie verlangt mindestens 15° C. mittlere Jahreswärme. Mit ihr gedeiht noch in Italien die aus Afrika eingeführte Dattelpalme, *Phoenix*

dactylifera L., aber nur noch kümmerlich. Ihre Früchte werden in Italien gewöhnlich nicht völlig reif und nicht geniessbar (doch der Samen noch keimfähig). Wahrscheinlich in den Niederungen von Babylonien ursprünglich einheimisch, ist sie allmählich bis nach Marokko verbreitet worden. Nördlich vom Atlas sind ihre Früchte merklich dürftiger. Sie verlangt zum vollen Reifen derselben eine Mittelwärme von 20—25° C. Ihr nördlichstes Vorkommen (einzeln in Gärten) ist zu Nervi bei Genua unter 44° 25′ N. Br. Auf der atlantischen Seite der nördlichen Halbkugel sind die Palmen wie überhaupt alle einigermaassen wärmebedürftigen Formen der Flora um beiläufig 9—10 Breitegrade nach Süden zurückgedrängt. Hier reicht der Palmetto der nordamerikanischen Südstaaten, *Chamaerops palmetto* MICHX. *(Sabal palmetto)*, der in der Küstenregion von Carolina, Georgia und Florida bisweilen noch 12—13 Meter hohe Stämme bildet, nur bis zu 34° N. Br. oder ein geringes darüber. Dies ist das nördlichste Vorkommen aller bekannten Palmen Amerikas. Aehnlich ist die geographische Grenze der Palmen auf der südlichen Halbkugel. Sie reichen in Süd-Amerika bis 34 und 35, in Australien bis 34, in Neuseeland bis 38, in Süd-Afrika bis 30° südl. Br.

Die meisten Palmen sind an einen entschieden feuchten Boden gebunden. Manche Arten wachsen in Morästen, wie die *Sabal*-Arten, wie der sogen. *Swamp-Palmetto* von Florida und Carolina und die *Mauritia flexuosa* L. in Venezuela. Zu den in Küstenniederungen verbreiteten Palmen gehört auch die europäische Zwergform *Chamaerops humilis* L. Eine ausgezeichnete Meeresküsten-Palme der Tropen ist die vielgenannte Kokospalme, *Cocos nucifera* L., welche — noch durch häufigen Transport ihrer Früchte auf Meeresströmungen begünstigt — auf den niederen Coralleninseln der Südsee die Waldungen bildet und hier in weiter geographischer Verbreitung auftritt.

Manche Palmen sind auch Bewohner der kühleren, aber noch genügend feuchten Höhenzonen der Gebirge der Tropen. So die Wachspalme *Ceroxylon andicola*, in 2600—2900 Meter Meereshöhe der Anden von Süd-Amerika, *Oreodoxa frigida* u. a. (13° C. M. J. W.).

Fossil beginnen die Palmen entweder schon in der Steinkohlenformation, — wo aber ihr Vorkommen neuerdings bezweifelt wird — oder mindestens doch in vollkommen sicheren Resten in der Kreideformation. Gewöhnlich finden sich Stammstücke, Blätter, Früchte, auch wohl Blüthenstände und Hüllblätter von einander getrennt und müssen daher in der Palaeontologie auch besonders abgehandelt werden.

Am wichtigsten sind die fossilen Palmenblätter. Sie erscheinen wie bei den lebenden Formen in zwei wohlgeschiedenen Gestaltungen, als Fiedern oder als Fächer. Eine weitere Abtheilung der fossilen Palmenblätter im Anschluss an die der heute lebenden Gattungen, ist in der Regel nicht thunlich, da die übrigen Theile derselben Pflanze meist fehlen oder doch nur problematisch den Blättern angereiht werden können. Man bezeichnet daher auch gefiederte Palmenblätter überhaupt als Phöniciten, gefächerte aber als Flabellarien und schreitet erst bei höherem Grade der Sicherheit zu bestimmterer generischer Bezeichnung vor.

Was die Palmen-Stämme oder Fasciculiten betrifft, so eignen sich zur Untersuchung am besten die verkieselten Exemplare, wie sie namentlich auf der Insel Antigoa in West-Indien zahlreich und wohl erhalten in einem tertiären Lager vorkommen. Verkohlte Palmenstämme oder Fasciculiten erscheinen häufig in den älteren tertiären Braunkohlen und bilden die sogenannte Nadelkohle. Es sind festere stabförmige Gefässbündel, die fast gleich laufen und in einer lockeren

parenchymatischen Grundmasse liegen. Nadelkohle aus Palmenholz bestehend erscheint unter Anderem in den Lignitlagern von Artern in Thüringen, Friesdorf bei Bonn, Lobsann im Elsass u. a. O.

Von den zweifelhaften und nur unvollständig bekannten Pflanzenresten der Steinkohlenformation hat man früher eine grössere Anzahl auf Palmen bezogen und zwar sowohl Blätter als auch Blüthenscheiden, Früchte und Stämme. Neuere Botaniker bestreiten aber das Vorkommen von Palmen (und von Monocotyledonen überhaupt) in der Steinkohlenformation und beziehen alle als solche beschriebenen Reste auf ganz andere Pflanzenordnungen (Cycadeen, Nöggerathien, Cordaiten). Es hat dies auch den Umstand für sich, dass noch im ganzen Verlaufe der Trias und des Jura sichere Palmenreste bis jetzt fehlen, auch überhaupt die Monocotyledonen selten und zweifelhaft bleiben.

Die ersten unzweifelhaften Palmenreste erscheinen in der mittleren Kreideformation (Cenoman-Stufe) von Mittel- und Süd-Europa. Man könnte daher auch an einen arktischen Ursprung und eine circumpolare Ausstrahlung der Palmen denken. Indessen haben sich in der Kreide-Flora der Polar-Region (Grönland in 70° nördl. Br.) bis jetzt noch keine Palmen-Reste gefunden und vielleicht sind also die Palmen auch ihrem ersten Ursprung nach eigentliche Kinder der Tropenklimate. So kennt man auch noch keine Reste solcher in den Miocän-Ablagerungen von Grönland, Island u. s. w.

In der tertiären Epoche zogen sich die Palmen erst aus Nord- und dann auch aus Mittel-Europa zurück. Zur Zeit der Ablagerung der unteroligocänen Braunkohle von Nord-Deutschland war Zschopau in Sachsen, 51° nördl. Br., die nördlichste Stelle, wo Palmen wuchsen und fossil erhalten wurden. In den nächstfolgenden Tertiär-Stufen erscheinen Bovey-Tracey in Devonshire, 52° n. B., und Bonn, 50°, als solche letzte Rückzugs-Stationen. Endlich im oberen Miocän, Oeninger Schichten, erscheinen die letzten Palmen auf der Nordseite der Alpen. Nach der letzten Hebung dieser Kette, die Miocän und Pliocän scheidet, fehlen sie zu Folge des damaligen Rückzugs der Isotherme von 15° C. dem mittleren Europa, so viel man bis dahin weiss, vollständig. In Italien hielten sie sich länger. Jetzt findet sich an den wärmsten Küstenstrichen Süd-Europas auf feuchtem Grund nur noch die unansehnliche Zwergpalme *Chamaerops humilis* L. in kleinen Wäldchen und auch von ihr könnte man zum Theil eine frühzeitige Verpflanzung vermuthen.

Die Fiederpalmen, *Palmae pinnatifoliae*, oder *Phoeniceae* stellen in der Blattbildung den primitiveren Typus dar, sind aber im vorliegenden geologischen Archiv nicht früher als die übrigen vertreten und auch im Eocän, Oligocän und Miocän von Europa nur durch wenige Funde erwiesen.

Aus dem eocänen Arkose-Lager (Sandstein) von Puy-en-Velay kennt man von *Phoenix Aymardi* Sap. ein fast vollständiges Blatt mit schmalen meist gegenständigen Fiederblättchen, sehr ähnlich dem gefiederten Wedel der Dattelpalme, *Phoenix dactylifera* L. von Arabien und Nord-Afrika, aber von geringerer Grösse. Die fossile Art gehört wirklich der Gattung *Phoenix* an. Man kennt nämlich auch einen männlichen Blüthenbüschel. Dieser Blüthenstand ist spatelförmig verbreitert und nach vorn in zahlreiche feine Fäden verzweigt. Man sieht auf ihnen auch noch Schüppchen sitzen, es sind Deckblättchen, in deren Achsel die kleinen männlichen Blüthen saassen.

Phoenicites spectabilis Ung. ist eine Fiederpalme mit grossen sehr regelmässig gefiederten Blättern und lanzettlich-linearen, theils entgegengesetzten, theils alter-

nirenden Fiederchen. Sie ist den südamerikanischen Fiederpalmen der Gattung *Attalea* verwandt. Sie findet sich im Miocän von Europa, namentlich zu Radoboj in Croatien nicht selten.

Unter dem Namen *Palaeospathe daemonorops* beschrieb UNGER aus der miocänen Braunkohle von Laubach im Vogelsberg eine mit grossen, pfriemlichen Stacheln besetzte lederig-verholzte Blüthenscheide *(spatha)*, die der der Rotang-Palmen von Ostindien und den Sunda-Inseln nahe kommt. Die wahre Stellung dieses Fossils ist aber noch nicht recht ermittelt. UNGER findet am meisten Uebereinstimmung mit der Spatha der Gattung *Daemonorops* (Unterfam. *Calameae*).

FAUJAS beschrieb steinharte Palmenfrüchte aus der miöcänen Braunkohle von Liblar bei Köln und verglich sie denen der ostindischen Fiederpalme *Areca catechu* L. Es ist *Cocos Faujasi* BRONGN., *Burtinia Faujasi* ENDL. Diese Frucht ist eiförmig oder kegelig eiförmig, schwach dreiseitig, an der Basis halbkugelig abgerundet, 5 Centim. lang, 2,5 Centim. breit. Am Grunde bemerkt man drei genäherte Gruben, die denen der Steinschale *(putamen)* der Kokosnuss entsprechen. Die Frucht aber ist nur einsamig, wie der Querschnitt erkennen lässt.

Die Fächerpalmen, *Palmae flabellifoliae* oder *Corypheae*, spielen eine bedeutendere Rolle in der Fossilflora von Europa, in der sie von der mittleren Kreideformation an (Cenoman-Stufe) bis zur letzten Hebung der Alpen oder der Grenze zwischen Miocän und Pliocän vertreten sind. Von da an erhielten sich nur spärliche Nachzügler derselben in Süd-Europa. Zwei Arten von Fächerpalmen kennt man aus der Kreideformation.

Flabellaria chamaeropifolia GOEPP. aus dem Quadersandstein von Tiefenfurth in Schlesien hatte Fächerwedel ähnlich denen unserer lebenden Zwergpalme *(Chamaerops)* und war wohl auch von unansehnlichem Wuchs.

Eine sehr merkwürdige Fächerpalme ist *Flabellaria longirhachis* UNG. aus der Kreide-Formation (Gosau-Schichten) von Muthmannsdorf in Nieder-Oesterreich, von SAPORTA auch aus einer gleich alten Schicht der Provence beschrieben. Diese Art hatte grosse Fächerwedel und hohen Wuchs und kam einer heute auf den Sechellen vorkommenden Palme sehr nahe. Der breite Wedel hatte eine lange und starke, fast cylindrische Spindel *(Rhachis)*, die bis an das vordere Ende der Blatt-Spreite reichte und eine Länge von weit über 35 Centim. zeigt. Die Strahltheile der Blattscheibe blieben noch mit einander vereinigt oder sie theilten sich nur am Rande durch unregelmässige und wenig ausgebildete Einrisse. Sie erreichten 20 Centim. Länge. Das Blatt von *Fl. longirhachis* hielt auf diese Weise die Mitte zwischen den Palmen mit gefiederten Wedeln, wie *Phoenix* und denjenigen mit breitem, fächerförmig-verkürztem Blatt, wie *Sabal* und *Chamaerops*. Die meisten Palmen haben in erster Entwicklung so gestaltete Blattwedel. Diese erhalten erst mit ihrer weiteren Ausbildung ihre besondere Gestaltung. Es ist sehr merkwürdig, einen solchen — gleichsam eine embryonale Stufe bleibend vertretenden — Blatt-Typus bei einer Palme der Kreide-Epoche vorzufinden, der zwischen den Fiederpalmen und dem der Fächerpalmen die Mitte einhält. Man wird dabei auch wenig irren, wenn man im Wedel der Fiederpalmen die primitivere Form annimmt und diese etwa von der eines zungenförmigen und fiedernervigen Blattes herzuleiten versucht.

Während der Ablagerung der Oligocän- und der Miocän-Schichten waren Fächerpalmen in Mittel- und Süd-Europa noch allgemein verbreitet und umsäumten namentlich die Binnenseen und Moräste, in denen sich die Braunkohlenlager bildeten.

Sabal Lamanonis (Flabellaria Lamanonis Brogn.) aus dem Süsswassergyps von Aix in der Provence ist eine Fächerpalme, die sich der in Georgien und Carolina noch lebenden *Sabal Adansoni* Guérin zunächst anschliesst. Es scheint eine der Arten von unansehnlichem Wuchs gewesen zu sein. Aber der Fächerwedel erreichte bis zu 1,50 Meter Länge. Der Stiel war stachellos gleichwie bei lebenden *Sabal*-Arten, die Blattspindel, an deren Umfang sich die Blattspreite in viele divergirende Strahlen theilte, war stark verkürzt und vorn abgerundet. Diese Art findet sich noch in der oligocänen Flora von Monte Promina in Dalmatien, Sotzka in Steiermark, Häring in Tyrol u. a. O.

Sabal major (Flabellaria major und *F. maxima* Ung.) war eine der hochstämmigen Palmen-Arten der europäischen Tertiär- und zwar der Oligocän- und der Miocän-Flora. Ihre Fächerblätter vergleicht man denen der Schirmpalme der Antillen, *Sabal umbraculifera*, und sie gaben ihnen an Grösse und Schönheit nichts nach. Die Spindel oder *Rhachis* des Fächerblattes ist nach vorn kegelförmig verlängert, endigt spitz und trägt 20—30 lange lineale Strahltheile, die noch ziemlich weit hinauf verwachsen sind. Diese Art bewohnte im tertiären Zeitalter Niederungen mit feuchtem Boden, namentlich Flussthäler und Seeufer, wie auch noch die heutigen *Sabal*-Arten im warmen und heissen Amerika Nässe lieben. *Sabal major* ist häufig in den oligocänen Lagern von Häring in Tyrol, Monte Promina u. a. O., ferner in etwas höherer Stufe zu Rott bei Bonn, Münzenberg in Hessen, Radoboj in Croatien u. s. w. vertreten.

Von der Zwergpalme, *Chamaerops*, verschieden von *Sabal* durch die zu beiden Seiten mit starken Stacheln besetzten Blattstiele findet sich eine Art fossil im Miocän der Schweiz, *Chamaerops helvetica* Heer zu Utznach und Bollingen. *Ch. humilis* L., welche jetzt noch wild in Spanien und Sicilien vorkommt, bei Nizza u. a. O. wenigstens noch durch Anpflanzung erhalten wird, ist der letzte Nachzügler der Palmen auf europäischem Boden, während die übrigen einst hier vertretenen Arten im Verlaufe der tertiären Epochen durch die zunehmende Abkühlung des Klimas hinausgedrängt wurden. Reste dieser Art werden aus oberpliocänem vulkanischem Tuff von Lipari aufgeführt.

Die Ordnung der Glumaceen oder Balgblüthler, *Glumaceae*, — mit den Familien *Gramineae* und *Cyperaceae* — schliessen sich den Spadicifloren an, unterscheiden sich aber durch eine mehr oder minder weit gehende Hemmung und Verkümmerung eines Theiles der Blüthenorgane in Folge von hervorragender Entwicklung und von maassgebender Verrichtung von Bracteen, die den Blüthenstand beschützen und beherrschen.

Die Blüthen stehen in Aehren oder in Rispen und sind meist klein und unansehnlich. Die Dreizahl lässt sich bei ihnen noch als die ursprüngliche Norm erkennen, erscheint aber schon durch die anderweiten Einflüsse beeinträchtigt.

Die Blätter des Perigonkreises sind gering entwickelt oder abweichend ausgebildet oder ganz verkümmert. Die Schutzverrichtung besorgen Bracteen oder Deckblätter, *bracteae*. Die Bracteen, welche die Blüthe unmittelbar einhüllen, heissen Spelzen, *paleae*. Bei den Cyperaceen entspringt je eine Blüthe in der Achsel einer solchen Spelze. Bei den Gräsern umgeben je eine Blüthe zwei ungleich hochstehende Spelzen. Die äusseren Bracteen des Blüthenstandes heissen Bälge, *glumae*, und lassen sich den Spathen der *Spadiciflorae* zur Seite stellen. Dies sind die beiden Bracteen, die am Grunde des Grasährchens oder der *spicula* sitzen. Die *glumae* umschliessen wie beim Aehrchen des Hafers bald zwei, bald mehr Blüthen mit ihren Spelzen, wobei aber oft einige Blüthchen verkümmern.

Die Frucht der Glumaceen ist eine Caryopse, deren Same mehr oder weniger mit der Fruchtschale *(Pericarpium)* und zuweilen, wie bei der Gerste selbst noch mit den Spelzen verwachsen ist.

Die in der heutigen Flora in Gattungen und Arten ausserordentlich reichlich vertretene Familie der Gramineen oder Gräser, *Gramineae*, begreift meist ein- oder mehrjährige Kräuter, seltener baumartige Rohrgewächse wie das Bambus-Rohr, *Bambusa*, in feuchten Niederungen tropischer Gegenden.

Der Stengel oder Halm ist knotig gegliedert, bald einfach, bald ästig, meistens rund, selten kantig. Oft bildet er noch Ausläufer. Die Glieder des Stengels sind oft hohl, die Knoten angeschwollen. Ueber den inneren Bau des Stengels vergleiche pag. 41.

Die Blätter stehen zweizeilig und entspringen abwechselnd jedes an einem Knoten. Sie sind gewöhnlich in der Spreite schmal-linealisch oder fast bandartig verlängert, seltener wie beim Bambusrohr breiter und lanzettlich. Sie haben gegen unten eine lange, oft mehrere Internodien einhüllende meist offene Scheide, d. h. sie haben einen ganzscheidigen Stiel.

Die Blüthen stehen in Aehrchen *(spiculae)* und diese bilden noch zusammengesetzte Blüthenstände, die bald das äussere Ansehen einer Aehre oder selbst eines Kolbens zeigen, bald eine sparrig ausgebildete Rispe darstellen. Am Grunde des Grasährchens stehen in ungleicher Höhe die zwei Bälge oder Hüllspelzen, *glumae*. Jedes einzelne Blättchen des Aehrchens hat noch seine besondere zwei Spelzen, *paleae*, in ungleicher Höhe, die obere viel kleiner als die untere. Das Perigon fehlt bei den Gräsern entweder ganz oder es besteht aus zwei oder drei fleischigen oder häutigen Schuppen *(lodiculae)*. Die Dreizahl ist ursprünglich typisch. Drei Perigonschuppen erscheinen noch beim Bambusrohr, Gatt. *Bambusa*. Meist aber sind nur die zwei seitlichen ausgebildet.

Man kennt jetzt etwa 3800 Arten, die über alle Zonen verbreitet sind. Manche Arten zeichnen sich auch durch weitgehende Verbreitung aus, wie z. B. das gemeine Schilfrohr, *Phragmites communis*, welches circumpolar auftritt.

Die Gräser, die zusammen mit einigen Cyperaceen einen so ausgedehnten Theil des heutigen Festlandes gesellig überziehen, spielen im geologischen Archiv nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die Wiesen-Flora wird nur selten fossil erhalten. Der Grund liegt zunächst darin, dass die Vegetation der Wiesen an und für sich nur sehr wenig zur Bildung humoser Lager neigt, sondern in der Regel nur so viel Humussubstanzen hervorbringt, als in derselben Frist durch Verwesung wieder aufgebraucht wird. Etwas anders verhalten sich schon sumpfige Wiesen, stehende Wasser, in denen thonige oder kalkige Sedimente vor sich gehen und Torfmoore. Hier siedeln sich namentlich die grösseren und derberen Schilf- und Rohrgräser an, treiben ausgedehnte Rhizome und hinterlassen vermöge ihres stärker verholzten Stammgewebes ansehnlichere Reste in den neu entstehenden Bodenschichten. Sie finden sich daher in Torflagern, Süsswasser-Mergeln und Kalktuffen, Lignitbildungen u. s. w. häufig erhalten, wenn auch oft nur in Halmen, Rhizomen und Blattfragmenten, die wenig Aufschluss gewähren.

In den älteren Formationen scheinen die Gräser noch zu fehlen. Man hat zwar Reste solcher schon in der Steinkohlen-Formation zu erkennen vermeint, aber es hat sich nicht recht bestätigt. Die ältesten sicheren Gräser-Reste finden sich in der Kreide-Formation, unter anderen in den Cenoman-Schichten von Grönland 70° n. Br. ein Schilfrohr. Man hat daher Grund zur Vermuthung eines nordpolarischen Ursprunges der Gräser und einer seit der Kreide-Epoche vorge-

gangenen circumpolaren Ausbreitung derselben, was auch dem bis zur Verkümmerung der Perigon-Blätter gesteigerten Witterungs-Schutz der hervorragend ausgebildeten Spelzen und Glumen entsprechen mag.

Uns interessiren von lebenden und fossilen Gräsern am meisten die kräftigeren stärker verholzten und zum Theil baumartigen Rohre der Sümpfe und nassen Niederungen.

Das Bambusrohr, *Bambusa*, begreift ausdauernde baumartige Gräser mit verzweigtem Stamm. Aus den Knoten gehen Aeste hervor, die wieder verzweigt sind. Die Pflanze ist daher buschig. Blätter gross, lineal-lanzettlich, über der Scheide zuweilen in einen kurzen Stiel verdünnt. Man kennt etwa 40 Arten, die alle der heissen Zone angehören. Ostindien, China, Brasilien. *B. arundinacea* WILLD. (*Arundo bambos* L.) der Stamm dauert viele Jahre aus und verholzt. Die Internodien sind hohl, die Knoten je mit einer dichten Querscheidewand versehen. Er erreicht 5—10—20 Meter Höhe und eine Dicke von 10—15—30 Centim. Er ist anfangs einfach, später ästig. Dazu kommen noch kurzgliedrige, in den Internodien nicht hohle Wurzel-Ausläufer. Dies ist die grösste heutige Grasart. Sie bildet in Ostindien an feuchten Stellen, besonders aber auf Flussebenen und Delta-Inseln dichte Wälder und Gebüsche, Junglen (Dschungeln) genannt. Auf sandigen Hügeln bleibt sie kleiner und wird nur 2—3 Meter hoch.

Die geologische Geschichte der Bambus-Rohre ist erst wenig bekannt. Was man von starken Rohr-Fragmenten aus europäischen Tertiärschichten unter dem Namen *Bambusium* beschrieb, wird von anderen Botanikern zur Gatt. *Arundo* gezählt. SAPORTA erwähnt *Bambusa*-Blätter aus dem pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon. O. HEER führt bereits aus dem unteren Lias der Schambelen (Aargau) ein rohrartiges dickstengeliges Gras *Bambusium liasinum* auf.

Arundo donax L. Das Pfahlrohr ist das grösste europäische Gras. Der Halm wird 2—4 Meter hoch und am Grunde bis 2,5 Centim. dick. Die Blätter sind lanzettlich und lang zugespitzt. Sie werden 65—95 Centim. lang. Die Blüthen rispe ist sehr ästig, etwas abstehend. Diese Art ist in Süd-Europa an sumpfigen Orten, besonders in Flusssümpfen u. s. w. häufig. Italien, Istrien, Südtyrol u. a. O.

Arundo Goepperti HEER (*Culmites Goepperti* MÜNST., *Bambusium sepultum* UNG., *Caulinites radobojensis* UNG.) ist ein in Bruchstücken von Halm, Rhizom und Blättern häufiges Rohr der oligocänen und miocänen Formation. Es zeigt zolldicke Stengel mit fusslangen Internodien und weitschweifiger Blüthenrispe. Der Halm ist unten einfach, 2—3 Centim. dick, gegliedert, an den Knoten verdickt, die Glieder am Stammgrunde kurz, höher oben länger, sehr fein längsgestreift. Dazu kommen dicke gegliederte Rhizome von ganz anderem Aussehen, früher als *Culmites* und *Caulinites* beschrieben, von ROSSMÄSSLER sogar für *Stigmaria* genommen. Sie sind nach oben gegen die Knoten zu längsgestreift und allenthalben mit unregelmässig gestellten Narben von Fibrillen bedeckt. Die Narben sind runde umschriebene Wärzchen und mit kreisrundem Hof umgeben. Die Blätter sind bis 1 Meter lang und bis 7 Centim. breit, am Unterende rinnenförmig eingefaltet, nach vorn flach. Die Spreite besitzt einen aus vielen Nerven zusammengesetzten Mittelstrang, auf der übrigen Fläche stehen zwischen den Hauptnerven je 5—6 schwächere Längsnerven. Diese grosse mit dem heute in Süd-Europa lebenden *A. donax* L. zunächst verwandte Art reicht in der Tertiär-Epoche vom Oligocän bis mindestens ins obere Miocän oder die Oeninger Stufe. Sie findet sich zu Sotzka in Steiermark, Radoboj in Croatien, Bilin in Böhmen, Münzenberg in der Wetterau.

Phragmites communis TRINIUS, das Schilfrohr, *Arundo phragmites* L. bildet 1—2—3 Meter hohe Halme, die am. Grunde 1—1,5 Centim. Dicke erreichen. Sie sind aufrecht, steif, gerieft oder gerillt, etwas verholzt. Der Wurzelstock kriecht weit umher. Die Blätter sind lanzettlich, ausgebreitet, langgespitzt. Sie werden 32—65 Centim. lang. Die Blüthenrispe ist gross, sehr ästig, ausgebreitet. Das gemeine Schilfrohr findet sich überall in Menge in ganz Europa, Nord-Asien und Nord-Amerika, auch noch in Nord-Afrika. Es ist also eine ausgezeichnet circumpolare Art. Sie findet sich namentlich am Ufer von Flüssen und in stehendem Wasser dicht beisammen, auch auf sumpfigen Wiesen und in Torfmooren. Sie erscheint auch auf einigermaassen feuchtem Sandboden, bleibt aber hier kleiner. In Torfmooren, besonders in solchen der Flussebenen, trägt *Phragmites communis* durch seine umherkriechenden Wurzelstöcke wesentlich zur Torfbildung bei, indem ihr dicht gedrängtes Wurzelwerk den Boden unter flacher Wasserbedeckung überzieht und befestigt. Unter denselben Verhältnissen vegetirte *Ph. communis* schon in der sogen. Diluvialepoche. Fossil findet es sich in der (interglacialen) Schieferkohle von Utznach und Dürnten in der Schweiz, und im (post-glacialen) Kalktuff von Cannstadt.

Phragmites Oeningensis M. BRAUN ist eine ähnliche Art derselben Gattung aus der Miocän-Epoche. Das Rhizom ist walzig, senkrecht, mit kriechenden Ausläufern versehen, gegliedert, an den Knoten eingeschnürt, hier im Kreise mit kurzen Saugwurzeln oder Fibrillen besetzt Blätter breitlinealisch, ohne Mittelrippe, mit starken Längsnerven, zwischen denen je 1—3 feinere Nerven stehen. Diese Art findet sich in den miocänen Lagern von Parschlug in Steiermark, Sagor in Krain, Bilin in Böhmen, Münzenberg, Rockenberg und Salzhausen in Hessen, Oeningen am Bodensee.

Die Familie der Cyperaceen, *Cyperaceae*, mit den Gattungen *Carex*, *Cyperus*, *Scirpus*, *Eriophorum* u. s. w. begreift ein- oder mehrjährige Kräuter von meist gras- oder schilfartiger Tracht, meist auch mit kriechendem Wurzelstock und oft dreikantigem Halm. Sie sind in der Mehrzahl Bewohner von sumpfigen Wiesen, Flussufern und Sümpfen. Manche, wie z. B. *Scirpus* und einige grössere *Carex*-Arten betheiligen sich in namhafter Weise bei der Torfbildung. In Tertiärschichten sind sie hin und wieder fossil erhalten, spielen aber hier nur eine unerhebliche Rolle.

Die Ordnung der Liliifloren oder Lilienblüthler, *Liliiflorae*, mit den Familien *Liliaceae*, *Irideae*, *Bromeliaceae* u. s. w. ist durch eine dreizählige Blüthe mit zwei Perigon-Kreisen, die den monocotyledonischen Typus in ganzer Reinheit vertreten, ausgezeichnet. Den Paläontologen interessiren besonders nur einige baumartige Formen dieser Ordnung, die heute meist der Tropenzone angehören. *Aloë* und *Yucca* (Fam. *Liliaceae*, Unterfam. *Lilieae)* bilden in wärmeren Klimaten mehr oder minder ansehnliche verholzende Stämme.

In ihre Nähe stellt man eine der triasischen Formen, *Yuccites vogesiacus* SCHIMP. Es ist ein Stamm mit Blättern aus dem oberen Buntsandstein von Sulzbad im Elsass. Das Blatt ist verlängert-lanzettlich oder schwertförmig, ganzrandig, von feinen Nerven längsgestreift. Der Grund ist stengelumfassend, die Spreite flach und eben. Diese Blätter stehen ähnlich wie bei *Yucca*-Arten am Stengel gedrängt. Die generische Stellung dieser triasischen Monocotyledonen ist aber nicht näher festzustellen.

Wichtiger ist der Drachenbaum, *Dracaena* (Familie *Liliaceae*, Unterfam. *Asparagaceae)*, dessen Arten jetzt meist Afrika angehören und von denen eine

noch auf den Canarien vorkommt. Es sind Bäume von palmenartigem Wuchs und ansehnlichem Stamm, der ein secundäres Dickenwachsthum zeigt und zum Theil eine ungewöhnliche Dicke erlangt. (Vergl. *Dracaena draco* oben pag. 40) Der Stamm bleibt theils ziemlich niedrig, theils erreicht er eine Höhe von 16—22 Meter. Anfangs ist er noch einfach, später gabelt er sich in Aeste und Zweige, ähnlich wie gewisse Palmen *(Cucifera)*. Die Blätter sind denen von *Yucca* ähnlich, schwertförmig, steif und vorn dornspitzig, bis ein Meter lang und darüber. Der Blüthenstand ist eine gipfelständige Rispe, der Bau der Blüthe ist dem der Spargelblüthe sehr ähnlich.

Dracaena draco L. auf Teneriffa, Canaren, ist nur der letzte Nachzügler einer Reihe von *Dracaena*-Arten, die seit der Kreide-Epoche Europa bewohnten und hier seither im Verlauf der polaren Abkühlung erloschen. Sie wird auch in Süd-Europa noch in Gärten gezogen und bei uns in Treibhäusern gehalten. Sie ist am nächsten verwandt mit *Drac. ombel*, diese Art findet sich in Abessinien, Süd-Arabien und auf der Insel Socotora.

Fossil kennt man eine *Dracaena* aus der Kreideformation von England und mehrere Arten aus Tertiärschichten Europas, namentlich aus dem unteroligocänen Gyps von Aix in der Provence.

Die Gattung *Smilax* (Fam. *Liliiaceae*, Unterfam. *Smilaceae)* ist ausgezeichnet durch viele tertiäre Arten. Diese Gattung begreift meist stachelige, rankende und kletternde Sträucher mit elliptischen oder herzförmigen, immergrünen, mit starkem Haupt- und Seitennerven versehenen und mit feinem Adernetz bedeckten Blättern. Dazu kommen Nebenblattranken, d. h. die Nebenblätter sind in blattstielständige Ranken umgewandelt. Die sechszählige Blüthenhülle ist ausgebreitet, die Frucht eine 1—3 samige Beere. Mehrere Arten im wärmeren Amerika, andere in China, Japan u. s. w., einige auch noch in Süd-Europa. *Sm. aspera* L., die Stechwinde, ist ein kletternder Strauch in Griechenland, Istrien und Italien, auch in Indien. *Sm. grandifolia* Ung. Es sind herzförmige, ganzrandige Blätter, vorn bald länger, bald kürzer gespitzt, am Grunde bald mehr, bald minder ausgerandet. Sie zeigen einen Mittelnerv und jederseits 2—3—5 stark gebogene Seitennerven, der erstere kaum stärker. Dazwischen ein Nerven-Netz. Blattstiel gekrümmt. *Sm. grandifolia* findet sich in den mittleren Tertiär-Schichten zu Bilin, Radoboj und Salzhausen.

Die Familie *Bromeliaceae* begreift heute ausdauernde Kräuter mit niederem krautigem Stamm und schilfartigen starren, am Grunde scheidigen Blättern. Sie zählt mehrere hundert tropische Arten, die fast alle Amerika angehören.

Hierher stellt C. von Ettingshausen einen grossen 6—12 zählig-doldigen Blüthenstand mit spiral gedrehten Blüthen *(praefloratio contorta)* aus der norddeutschen Wealdenbildung. Das Perigon ist sechszählig, mächtig entwickelt und war wahrscheinlich lederartig. Die Blätter desselben hängen am Grunde zusammen und laufen am Blüthenstiel herab. Im mittleren Drittel sind sie um die Blüthenachse spiralig gerollt und dieser Theil der Blüthe ist aufgebläht. Das obere Drittel der Perigon-Blätter ist in lange lineare blattartig-längsstreifige Zipfel ausgezogen. *P. Jugleri* Ett. stammt aus dem Schieferthon der Wealden-Formation am Deister. Dieses stattliche Fossil verlangt noch eine genauere Untersuchung.

Ettingshausen stellt zur Fam. *Bromeliaceae* auch *Palaeoxyris*, einen vielgedeuteten Blüthenstand aus der Trias. Es ist eine spindelförmige, schuppengepanzerte Aehre mit spiral geordneten Schuppen oder Bracteen, deren freier Theil rhombisch ist und eine ausgezeichnete regelmässige zusammenschliessende Spirale

darstellt. Die unteren Bracteen laufen am Stiel herab, die oberen enden in lineare blattartige Zipfel. *Palaeoxyris regularis* BRONGN. findet sich im Buntsandstein von Sulzbad im Elsass. Andere Arten sollen noch im Keuper vorkommen. Diese merkwürdigen von anderen Botanikern anders gedeuteten Blüthenstände können zwar nur von Monocotyledonen herrühren, sind aber sonst kaum näher zu definiren.

Die Ordnung *Scitamineae* mit den Familien *Cannaceae*, *Zingiberaceae* und *Musaceae* begreift in der heutigen Flora mehrere hundert Arten, die meist den Tropen angehören und namentlich in Süd-Asien und auf den Sunda-Inseln vorkommen. Es sind meist ausdauernde Kräuter mit stark entwickeltem kriechendem oder knollig verdicktem Wurzelstock, zum Theil aber auch scheinbare Bäume, deren Schaft aus dicht um einander geschlagenen Blattscheiden hervorgeht. Die Blätter sind meist gross und fiedernervig, gestielt und am Grunde scheidig umfassend. Der Blüthenstand ist eine Aehre oder Rispe, auch wohl ein Kolben. Das Perigon der Blüthe besteht aus zwei dreiblättrigen Kreisen. Bei Fam. *Zingiberaceae* ist der untere Kreis zu einem röhrenförmigen Kelch verwachsen. Bei Fam. *Musaceae* verwachsen von den sechs Blüthenhüllblättern zum Theil die fünf vorderen zu einer hinten offen bleibenden Röhre. Frucht dreifächerig, eine Kapsel oder eine Beere darstellend. Von den heute vorzugsweise über die tropischen Gebiete verbreiteten Scitamineen kennt man aus den unteren und mittleren Tertiär-Ablagerungen von Europa nur wenige vereinzelte Reste, namentlich Blätter. Es scheint, dass die einst hier angesessenen Scitamineen zusammen mit Dracaenen, Fiederpalmen u. s. w. im Verlauf der miocänen Epoche dies Gebiet wieder räumen mussten.

Die Familie *Cannaceae* oder *Marantaceae*, heute vorzüglich im tropischen Amerika vertreten, hat zweizeilig geordnete, ovale oder schilfartige Blätter mit stärkerem Mittelnerv und fiederig abgehenden Seitennerven. Die Blattstiele sind an der Spitze oft knotig verdickt und unten scheidenartig erweitert.

Man zählt zu dieser Familie eine Anzahl vereinzelter der Gattung nach nicht näher bestimmbarer Blätter unter der Bezeichnung *Cannophyllites*. *C. antiquus* UNG. aus dem miocänen Mergelschiefer von Radoboj in Croatien ist ein einfaches ganzrandiges gestieltes Blatt, das wahrscheinlich etwa 30 Centim. Länge erreichte und oval-länglichen Umriss hatte. Der Stiel war verhältnissmässig dick. Die Blattspreite zeigt einen starken geraden Mediannerv, wenig dünner als der Stiel, nach vorn weiterhin verdünnt. Von ihm gehen zahlreiche einfache parallele Secundär-Nerven ab und zwar schief aufsteigend. Meist alternirt mit ihnen je ein schwächerer Interstitial-Nerv.

Der Pisang, Gatt. *Musa* (Fam. *Musaceae*), treibt aus einem unterirdisch kriechenden Wurzelstocke hohe krautartige Triebe, die von dicht einander umfassenden Blattstielscheiden eingeschlossen, sehr beträchtliche Schafte von baumartigem Ansehen darstellen. Die Blätter sind sehr gross, einfach und gestielt. Die Blattstiele sind lang und am Grunde mit mächtig entwickelter Scheide versehen. Während am Scheitel des Schaftes neue Blätter hervortreten, erhalten sich am Grunde die umfassenden Scheiden der äusseren abgestorbenen Blätter und bilden einen scheinbaren Baum. Die Spreite des Blattes ist länglich, fast bandartig, etwa fünfmal länger als breit, von einem starken, geraden Mittelnerv durchzogen, von dem unter mehr oder minder spitzem, auch wohl fast rechtem Winkel zahlreiche gleichlaufende Seitennerven abgehen. Der Saum ist von Anfang an ganzrandig, aber zwischen den Seitennerven stellen sich bald hie, bald

da unregelmässige Risse ein. Der Schaft erreicht 5—6 Meter Höhe und darüber, das Blatt mit dem Stiel zusammen 4—5 Meter Länge und die Spreite 0,5 bis 1 Meter Breite. Am höchsten wird der abessinische Pisang, *Musa ensete* Gm. Die Musaceen zählen 25 tropische Arten in Afrika, Süd-Asien und auf den Sunda-Inseln.

Fossil finden sich spärliche Musaceen-Reste in älteren und mittleren Tertiär-Schichten von Europa. Saporta erwähnt ein *Musa*-Blatt nebst Blattstiel und Mittelnerv, dem abessinischen Pisang zunächst verwandt, aus dem unteroligocänen (oder obereocänen) Gyps von Aix in der Provence. Mehr problematische Musaceen-Blätter nennt man *Musophyllum*. Dahin gehört unter Anderem *Musophyllum wetteravicum* Ett. *(Convallaria latifolia* Ludw.), ein Blatt aus dem miocänen Sandstein von Münzenberg in der Wetterau Dieses Blatt war von ansehnlicher Länge und 8—9 Centim. Breite und wie das der Pisang-Arten ganzrandig und am Grunde zusammengezogen. Mediannerv sehr stark. Seitennerven zahlreich, ziemlich scharf vortretend, vom vorigen spitzwinklig abgehend. Dazwischen liegen viele feinere Zwischennerven.

Wir wenden uns nunmehr zu den Dicotyledonen oder den mit zwei Cotyledonen keimenden Angiospermen, *Dicotyledoneae* (vergl. pag. 38).

Sie bilden in der Flora der heutigen Welt neben den Monocotyledonen, mit denen sie im allgemeinen Bau von Blüthe und Frucht zunächst übereinkommen, eine wohlabgegrenzte natürliche Klasse. Beide Hauptabtheilungen stehen einander überhaupt ziemlich gleich, doch erreicht ein grosser Theil der Dicotyledonen eine augenscheinlich grössere Organisationshöhe. Während diese Beziehungen zwischen Monocotyledonen und Dicotyledonen mehr Gegenstand der Abschätzung als der Messung sind, müsste der Stammbaum und die geologische Geschichte dieser beiden Hauptklassen und ihrer Ordnungen und Familien in allen derartigen Fragen endgiltig entscheiden. Leider aber sind Geologie und Palaeontologie noch nicht so weit vorgerückt. Aus ihrem Archiv lässt sich ein sicherer Stammbaum noch nicht entwerfen.

Der erste Ursprung der Dicotyledonen ist noch ganz unbekannt. Namentlich ist es noch in Frage, ob sie unmittelbar von Gymnospermen abstammen oder aus niederen Monocotyledonen-Formen herzuleiten sind oder ob schwankende Collectiv-Formen den Ausgangspunkt vermittelten. Sicher ist nur, dass wohlcharakterisirte und unzweifelhafte Reste von Dicotyledonen erst in Ablagerungen der Kreide-Epoche erhalten erscheinen und dass dieselben in ausgesprochener Weise der Nordpolarregion angehören.

Der älteste Fund ist ein Pappelblatt und fand sich in der unteren Kreide-Formation von Grönland unter 70° 40′ nördl. Br. In reichlicherer Menge und mit grösserer Bestimmtheit folgen dann Dicotyledonen-Reste in Schichten der mittleren und der oberen Kreide-Formation von Grönland, von Nord-Amerika und von Mittel-Europa. Es sind vorzugsweise Vertreter der einhüllig blühenden Dicotyledonen *(Monochlamydeae)*, die man allgemein als die niedersten Formen der Dicotyledonen-Flora auffasst.

Sicher erscheint also in Bezug auf die Ursprungsfrage nur folgendes: Die Dicotyledonen sind wesentlich nordpolarer Abkunft, sie entstanden unter Einfluss der polaren Abkühlung des Erdkörpers im heute vereisten arktischen Gebiet und zwar zu Anfang der Kreide-Epoche, wenn nicht schon im Verlaufe der Jura-Epoche.

Sie verbreiteten sich später mit der Verschiebung der Isothermen in niedrigere

Breiten und acclimatisirten sich zuletzt auch in der Tropenzone. Die ältesten Dicotyledonen der Nordpolarregion waren Pappeln und andere Kätzchenblüthler, überhaupt Monochlamydeen. Aber Grönland, Spitzbergen und andere arktische Festlandgebiete hatten um die Mitte der Kreide-Epoche auch schon höhere Dicotyledonen-Formen, z. B. Magnolien, Rosaceen und Leguminosen.

Die Dicotyledonen bilden heutzutage die grosse Mehrzahl der Phanerogamen und zerfallen in zahlreiche Ordnungen und Familien, von denen wir hier nur die wenigsten näher berühren können. Sie bilden — als Laubhölzer — die Hauptmasse der Waldungen, namentlich in wärmeren und heissen Klimaten, und räumen auch in den gemässigten Zonen und auf den Gebirgen der Tropen den Nadelhölzern nur streckenweise das Feld. Die Wälder der gemässigten Klimate bestehen vorzüglich aus Eichen, Buchen und Birken, die der Tropen gemeiniglich aus einer grösseren Anzahl von Baumarten.

Wenige Dicotyledonen sind Wasserbewohner und unter diesen nur sehr wenige verholzend. Keine Dicotyledone bewohnt das Meer, auch nur wenige lieben niedere salzige Küstenstrecken. Die Mangroven *(Rhizophora,* Ordn. *Myrtiflorae)* bilden in brackischen Seestrandsümpfen der Tropen ansehnliche Waldungen und gewinnen hie und da z. B. an Java geologische Bedeutung durch ihr dichtes den Schlammabsatz befestigendes Wurzelgeflecht. Grösser ist die Zahl der am Ufer von Flüssen, Süsswasserseen und Torfmooren wachsenden Dicotyledonen und unter diesen sind auch Bäume und Sträucher, wie die Erlen und Weiden. An der Torfbildung betheiligen sich gelegentlich eine Anzahl dicotyledonischer Kräuter, wie *Nymphaea, Menyanthes, Sedum, Andromeda, Vaccinium* u. s. w., auch einige Zwergweiden, die Birke und die Erle.

Was die vegetativen Theile der Dicotyledonen und deren anatomische Beschaffenheit betrifft, so herrscht in dieser Hinsicht eine grosse Mannigfaltigkeit und schliessen sich einzelne näher den Coniferen, andere näher den Monocotyledonen an, während die Mehrzahl eigene, bald mehr bald minder ausgeprägte Typen darstellt. Dies zeigt sich auch in der allgemeinen Tracht. So ähneln z. B. die Casuarinen (Ordn. *Amentaceae)* den Ephedren *(Coniferae).* Die Pfeffergewächse (Fam. *Piperaceae)* dagegen wiederholen Formen der Monocotyledonen. Die grosse Mehrzahl der Dicotyledonen aber haben ihre eigene Tracht, z. B. unsere waldbildenden Amentaceen, die Acacien, die Mimosen, die Heidekräuter *(Ericaceae)* u. s. w.

Von den Dicotyledonen überhaupt sind die grosse Mehrzahl einjährige oder zweijährige, auch wohl ausdauernde Kräuter mit weichem parenchymreichem oder nur wenig verholzendem Stengel und daher zu fossiler Erhaltung auch nur wenig geeignet. Geringer ist die Zahl der Arten mit festen holzigen Stämmen, sei es, dass sie Bäume oder Sträucher darstellen. Diese dicotyledonischen Holzpflanzen haben für Geologie und Palaeontologie vorzugsweise Bedeutung, da ihre verholzten Stämme sich sehr wohl zu fossiler Erhaltung eignen, auch in der Regel ihre Blätter und Früchte ein festeres Gewebe erhalten und daher gleichfalls oft fossil erhalten erscheinen. In dieser Hinsicht steht die Ordnung der Kätzchenblüthler, *Amentaceae* mit den Birken, Erlen, Haseln, Buchen, Eichen, Weiden, Pappeln u. s. w. im Vordergrund. Sie begreift in der heutigen Flora fast nur Holzgewächse und ist auch in der cretaceischen, tertiären und quartären Flora hervorragend vertreten. Viele andere Ordnungen enthalten in der Jetztwelt nur krautartige Gewächse und kommen daher in der Palaeontologie nur wenig in Betracht.

Was die anatomischen Charaktere betrifft, so ist der typische Dicotyledonen-Stamm im Wesentlichen wie der der Coniferen gebaut, unterscheidet sich aber von dem der letzteren dadurch, dass der Holztheil oder das *Xylema* seiner Gefässbündel neben prosenchymatischen Holzfasern auch noch mehr oder minder zahlreiche und bisweilen sehr weite Gefässe enthält.

Der Stamm besteht überhaupt aus einem meist unansehnlichen Mark-Cylinder, einem sehr vorwiegenden, in Jahresschichten oder Jahresringe abgetheilten Holzkörper, endlich dem Cambium, der Bastschichte und dem Rindenkörper. Die Gefässbündel sind wie bei den Coniferen offen, sie behalten ein fortbildungsfähiges Cambium, welches periodisch — und zwar in der Regel mit jedem neuen Jahre — nach innen eine neue Xylem-Schichte, zum Theil auch noch nach aussen eine neue Bast-Schichte abscheidet. Vom Mark und nachmals von den jüngeren Holzschichten gehen wie bei den Coniferen als schmale, hohe Platten in radialer Stellung die Markstrahlen aus und verbinden das Gewebe der inneren Stammtheile mit der Rinde. Von den Jahresringen der Laubhölzer und ihrer Beziehung zum Alter des Stammes gilt im Allgemeinen, was schon vom Nadelholz (pag. 23) berichtet ist.

Alle diese Struktur-Verhältnisse des Holzstammes verknüpfen die typischen Laubhölzer sehr nahe mit den Nadelhölzern, und ergeben zwischen diesen beiden einerseits, den monocotyledonischen Holzpflanzen andererseits einen weiten Abstand. Es sind dies aber verwandtschaftliche Beziehungen, die nicht den gleichen Gang wie die, welche im Bau von Blüthe und Frucht sich offenbaren, einhalten und daher auch in Bezug auf Feststellung des natürlichen Systems nur untergeordnete Bedeutung beanspruchen können. Dazu kommt, dass ausser der Stammstruktur der typischen Dicotyledonen, die der der Nadelhölzer analog ist, bei einigen vereinzelten Dicotyledonen-Familien auch mehr oder minder weit gehende Abweichungen vorkommen, z. B. bei den Pfeffergewächsen (Familie *(Piperaceae)* die Gefässbündel einen Verlauf nehmen, der eine Analogie mit dem Achsenbau der Monocotyledonen erkennen lässt.

In den jugendlichen Stengeltheilen der Dicotyledonen erscheinen die Gefässstränge — gleichwie auch bei den Gefäss-Kryptogamen, den Gymnospermen und Monocotyledonen noch als vereinzelte durch das parenchymatische Grundgewebe getrennte Stränge von grösserem oder geringerem Umfang. Diese Stränge treten dann hie und da, namentlich in den Stengelknoten, durch schiefe Aeste oder Anastomosen mit einander in Verbindung. Sie entspringen aus der Entwicklungsstelle des Blattes am Stammscheitel einzeln oder in grösserer Anzahl und treten hier in den Stengel ein. Bei Gymnospermen und Dicotyledonen biegen sie sich hier sofort hinab und verlaufen — in annähernd gleicher Entfernung von der Stengeloberfläche und unter einander parallel — abwärts, um dann mit anderen, früher angelegten Strängen zusammenzutreten. Sie bilden dann zusammen ein aufrechtes, der Stengeloberfläche paralleles und den inneren Stengeltheil umfassendes Gerüste. Ein Querschnitt durch den auf dieser Stufe stehenden Stengel zeigt die Gefässstränge zu einem, mit der Stengeloberfläche concentrischen Kreise geordnet. Dieser, dem vernetzten Gerüste der Stränge entsprechende Kreis von Strang-Querschnitten scheidet das Grundgewebe in einen äusseren und einen inneren Theil. Der äussere Theil ist die Rinde (primäre Rinde). Der innere, walzige Theil ist das Mark. Rinde und Mark aber bleiben noch durch die, von Grundgewebe erfüllten, langgestreckten Lücken des Gefässbündelgerüstes mit einander verbunden. Dieser parenchymatös ver-

bleibende Theil des Gewebes stellt die Mark-Rinde-Strahlen oder primären Markstrahlen dar.

Mit dem zunehmenden Alter des Stengels und also namentlich bei den ausdauernden und verholzenden Dicotyledonen, tritt dann die Bildung neuer Gewebetheile durch die Thätigkeit des Cambiums oder der Verdickungsschichte ein, wobei das Cambium der einzelnen im Kreise geordneten Stränge sich seitlich auf Kosten eines Theils des Gewebes der primären Markstrahlen ausbreitet und zu einem geschlossenen Mantel zwischen den Holztheilen und den Basttheilen der Stränge ausbildet. Nun geht vom Mantel des Cambiums die Bildung neuer Holztheile und neuer Basttheile aus, die der ersteren nach innen, die der letzteren nach aussen. So entsteht bald die erste geschlossene Holzschicht an der inneren und die erste geschlossene Bastschicht an der äusseren Seite des vegetirenden Cambiummantels, wobei die primären Markstrahlen verlängert, im weiteren Verlaufe auch secundäre Strahlen (Markstrahlen, die nicht vom Mark ausgehen) eingeschaltet werden.

Dieses Wachsthum des Stammes der Dicotyledonen wie auch der Coniferen ist peripherisch — und vom Cambium-Mantel aus zum einen Theil centripetal, zum anderen centrifugal. DECANDOLLE bezeichnete die Dicotyledonen (nebst den Gymnospermen) weil ihr Holzkörper durch Bildung neuer Jahresschichten, welche ausserhalb der älteren Holzmasse sich ansetzen, zunimmt, also dessen Dickenwachsthum an der Aussenseite erfolgt, als Exogenen, *Exogenae* (d. h. Aussenwüchsige oder Umwüchsige). Diese Bezeichnung ist indessen unerheblich, da das Dickenwachsthum der Bastschichte bereits in entgegengesetzter Weise stattfindet. Auch der Bast erhält Jahresringe, aber sie stehen denen des Holzcylinders in umgekehrter Ordnung gegenüber.

Wir gehen näher auf den für Paläontologie besonders in Betracht kommenden Holzkörper der Dicotyledonen ein. Der Holztheil oder Gefässtheil, *Xylema*, der Gefässstränge besteht bei denselben aus gestreckten, spindelförmigen Holzzellen (Prosenchym-Zellen, Holzfasern) und aus mehr oder minder weiten Gefässen. Erstere walten der Masse nach vor. Dieses Holzgewebe unterscheidet die Dicotyledonen von den Coniferen, deren Gewebe nur aus gestreckten, spindelförmigen Holzzellen mit zahlreichen mehr oder weniger weit gehöften Tüpfeln besteht. Nur der Holztheil der Stränge des ältesten in dem noch krautartigen Stengel des ersten Jahres angelegten Gefässbündelkreises weicht etwas ab. Er enthält stets Spiralgefässe, wie auch Ringgefässe. Dieser erste Jahresring oder Xylema-Kreis wird, weil er den Markcylinder zunächst umgiebt, auch Markkrone oder Markscheide genannt, *corona medullaris* (so auch bei den Coniferen).

Der aus allen übrigen Jahresringen gebildete Holzkörper des Dicotyledonen-Stammes besteht aus dickwandigen Holzzellen (meist spindelförmigen oder bastartigen Holzzellen, aber auch anderen Arten gestreckter Zellen z. B. gestreckten und verholzten Parenchym-Zellen) und aus einzelnen eingestreuten Gefässen. Letztere sind besonders getüpfelte und gehöfte Gefässe, *vasa punctata s. porosa*, wie z. B. im Eichenholz, wo sie besonders weit auftreten und in Längs- und Querschnitten sehr kenntlich werden. Die Tüpfel und Höfe erscheinen im Holz der Dicotyledonen aber nie so gross und deutlich wie an den Holzzellen vieler Coniferen.

Alle diese Zellen und Gefässe im Holzkörper der dicotyledonischen Bäume und Sträucher, sowohl die der Markkrone als der späteren vom Cambium aus darüber abgesetzten Jahresschichten erleiden im Verlaufe der ersten paar Jahre eine Veränderung, die sie zu mehrjähriger, zum Theil selbst mehrhundertjähriger

Andauer fähig macht, daher auch ihre oft ausgezeichnet treue Versteinerung — namentlich durch Einseihung kieseliger Mineralsubstanzen — begünstigt. Dies ist die Verholzung. Zellen und Gefässe verholzen durch fortgesetzte Ablagerung neuer Verdickungsschichten an ihrer Innenseite. Zugleich verbinden sich die benachbarten Gewebe-Elemente an der Aussenseite. Das Gefüge wird dabei immer dichter und fester. Am leichtesten spaltbar bleibt es im Radial-Längsschnitt, wo das Parenchym der Markstrahlen die Spaltbarkeit erhöht.

Was die Markstrahlen betrifft, so erscheinen sie als radial verlaufende Züge eckig gedrängter parenchymatischer Zellen, die in der Richtung desselben Radius gestreckt sind — während die Streckung der Elemente des Holzkörpers sonst in der Längsachse erfolgt. Im Querschnitt des Stammes erscheinen sie als ein- oder mehrschichtige Zellenreihen, die bald von einem älteren, bald von einem jüngeren Jahrring ausgehen. Die im zweiten Jahrgang entstehenden gehen gemeiniglich vom Umfang des ersten Holzringes ab u. s. f. Im tangentialen Längsschnitt oder Stirnschnitt erscheinen sie als hohe, meist schmale ein- oder mehrreihige Bänder, die unter dem Mikroskop mehr oder minder grosse Aehnlichkeit mit einer Quadern-Mauer zeigen. Im radialen Längsschnitt erscheinen diese Bänder nach ihrer ganzen Länge und Höhe, am deutlichsten in radial gespaltenem Eichenholz, wo sie Spiegel heissen.

Der Bastkörper, *Phloëma*, der antithetisch zum Holzkörper aus dem Cambium-Mantel abgeschieden wird, hat ebenfalls seine Jahresschichten, aber sie sind sehr dünn, gewöhnlich im Vergleich zu denen des Holzkörpers ganz unansehnlich.

Während die typischen Dicotyledonen in der Struktur des Holzstammes mit den Coniferen übereinkommen, treten bei anderen Abtheilungen derselben gewisse Abweichungen in der Anordnung der Stränge ein. So bei der Familie der Piperaceen. Hier ordnet sich nur ein Theil der neu entstandenen Stränge oder Blattspuren sofort nach dem Eintritt in den Stengel in typischer Weise zum Ring. Die anderen Blattspuren dringen tiefer in das Mark ein und bleiben hier unregelmässig zerstreut oder gruppiren sich hier auch zu Ringen. Hierdurch erlangt der Stengel der Piperaceen das Ansehen eines monocotyledonischen Stengels und ältere Botaniker stellten diese Familie häufig auch zur Monocotyledonen-Klasse.

Die Blätter der Dicotyledonen sind oft gestielt, häufig eingeschnitten oder verzweigt, handförmig oder gefiedert. Sie sind in den meisten Fällen netzaderig. Die Hauptnerven sind bald handförmig angeordnet *(nervatio palmata)*, bald gehen von einem mittleren Hauptnerven fiederig gestellte Seitennerven aus *(Nervatio pinnata)*. Bald treten auch Mittelformen auf. Gewöhnlich kann man nach einem einzelnen Blatte schon die Dicotyledonen von den Monocotyledonen, wie auch den übrigen Klassen der Gefässpflanzen unterscheiden. Doch kommen auch hie und da ganz abweichende Blattformen vor, wie z. B. bei den Casuarinen, den blattlosen Acacien u. s. w.

Die Blüthen der Dicotyledonen sind in der Regel nach der Fünfzahl gebaut, doch nicht immer, z. B. die der Familie der Cruciferen nach der Vierzahl. Gewöhnlich sind zwei Kreise der Blüthenhülle vorhanden, ein Kelch und eine Blumenkrone. In anderen Fällen hat die Blüthe nur einen einzigen Perigonkreis. Seltener fehlt die Blüthenhülle ganz, wie bei manchen Kätzchenblüthlern.

Was das Geschlecht der Dicotyledonen-Blüthe betrifft, so sind die einhülligblühenden Formen oder Monochlamydeen meist getrennten Geschlechts oder diclinisch — theils monöcisch, wie die Wälschnuss, die Haselnuss, Birke und

Erle, theils diöcisch wie die Weiden und Pappeln. Die grosse Mehrzahl der Dicotyledonen aber und also namentlich die höheren Ordnungen sind zwitterblüthige Formen, *plantae monoclines.*

Was die Art der Befruchtung betrifft, so sind die meisten Dicotyledonen Insektenblüthler, *plantae entomophilae.* Windblüthig sind die Pappeln.

Was die Frucht der Dicotyledonen betrifft, so entstehen die Samenknospen *(ovula)* wie bei den Monocotyledonen im Inneren eines von zusammenschliessenden Fruchtblättern, *carpella,* gebildeten Organes, des Fruchtknotens, *ovarium.*

Der Keimling oder die Anlage zur neuen Pflanze, Embryo, ist fast immer mit zwei gegenüberstehenden Keimblättern oder Cotyledonen versehen, zwischen welchen die bisweilen schon sehr ausgebildete Endknospe oder das Federchen, *plumula,* liegt. Seltener ist nur ein Cotyledon ausgebildet und der andere bleibt klein und kümmerlich. Oder es fehlen beide Cotyledonen ganz, wie bei einigen parasitischen Gewächsen. Die Wurzel des Embryo verlängert sich stets zu einer Hauptwurzel, die meist bleibt.

Die Hauptklasse der Dicotyledonen zerfällt nach der herkömmlichen Eintheilung in drei Unterklassen, die sich vornehmlich in der Gestaltung der Blüthendecke oder Hülle, *Perianthium,* unterscheiden.

I. Einhüllig blühende Gewächse, Perigonblüthler, *Apetalae, Monochlamydeae.* Ihre Blüthendecke besteht bald nur aus einem einzigen Kreise von Blättern oder dem Perigon. Oder sie fehlt ganz — wie bei den männlichen Blüthen der Kätzchenblüthler *(Amentaceae)* und bei den Pfeffergewächsen *(Piperaceae).* Oder es ist ein doppelter Kreis kelchartiger Perigonblätter entwickelt. Diese Klasse ist in ihrer bisherigen Fassung nicht mehr recht haltbar und wird daher neuerdings mit den Choripetalen verschmolzen. Doch hat ein Theil ihrer Ordnungen vieles unter einander gemeinsam und stellt jedenfalls die primitiveren Typen der Dicotyledonen dar.

II. Zweihüllig blühende Gewächse, *Dichlamydeae.* Ihre Blüthendecke besteht aus zwei Blattkreisen und diese sind in Blumenkrone und Kelch verschiedentlicht. Sie zerfallen in zwei Unterklassen.

IIa. Die Blüthendecke besteht aus zwei Blattkreisen und die Blätter der Blumenkrone sind bis zum Grunde herab getrennt und nie zu einer Röhre verwachsen *(corolla polypetala).* Dies sind die Choripetalen oder *Choripetalae, (Choristopetalae, Polypetalae, Eleutheropetalae, Dialypetalae).*

IIb. Die Blüthendecke besteht aus zwei Blattkreisen. Aber die zarteren Blätter des inneren Kreises oder der Blumenkrone sind unter einander verwachsen und bilden an ihrem Grunde eine längere oder kürzere Röhre. Die Blumenkrone ist hier durch Verwachsung scheinbar einblättrig geworden *(corolla monopetala).* Dies sind die Gamopetalen oder *Gamopetalae (Monopetalae, Sympetalae).*

Die Unterscheidung dieser drei Unterklassen der Dicotyledonen wird durch die geologische Geschichte gerechtfertigt. Die Monochlamydeen beginnen schon in der Kreide-Flora und spielen gerade in dieser eine Hauptrolle. Sie scheinen überhaupt die primitivere Form der Dicotyledonen darzustellen. Die eigentlichen Choripetalen sind neben vorigen schon reichlich in der Flora der Kreide-Epoche vertreten. Von Gamopetalen zeigen sich erst wenige in der Kreide-Formation, sie nehmen aber im Verlaufe der tertiären Epochen an Zahl zu. Diese Gamopetalen stellen also wohl die jüngste der drei dicotyledonischen Unterklassen dar und es hat auch Vieles für sich, anzunehmen, dass sie die hochgesteigerte

Ausbildung ihrer Blumenkrone dem Einfluss des Besuches gewisser Insecten verdanken.

Zur Klasse der Monochlamydeen oder Apetalen gehören namentlich die Ordnungen *Amentaceae, Urticinae* und *Centrospermae* u. s. w. Andere schaltet man neuerdings zwischen den Choripetalen ein.

Die Ordnung der Kätzchenblüthler, *Amentaceae*, mit den Familien *Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae, Juglandaceae, Myricaceae, Casuarinaceae, Salicaceae* und *Piperaceae* begreift fast ausnahmslos nur Holzgewächse, beginnt schon in verhältnissmässig vielen Arten und Gattungen in der Kreideformation und ist unstreitig für Geologie und Palaeontologie die wichtigste aller Ordnungen der Dicotyledonen. Hierher gehören die meisten Laubhölzer, welche zusammen mit Abietinen und anderen Nadelhölzern die Wälder der gemässigten Zone bilden und einige reichen noch in die äusserste Vegetation der Polarregion und der Hochgebirge, zum Theil nur noch als winzige Zwergstämmchen. Diese alle scheinen in Gesellschaft von Abietinen und anderen Nadelhölzern seit der Kreide-Epoche aus der Polarregion ausgestrahlt zu sein, wobei einige bis Feuerland gelangten.

Casuarinen und Piperaceen weichen in mehrfacher Hinsicht sehr von den übrigen Amentaceen ab und gehören anderen Klimaten an. Sie sind meist tropisch, die Casuarinen besonders australisch. Von ihnen ist unter den Arten des arktischen Exodus nichts zu bemerken, sie entstanden also wohl unter heissem Klima.

Die Amentaceen überhaupt sind Bäume und Sträucher, deren männliche Blüthen immer und deren weibliche oft auch in Kätzchen stehen. Ihr Blüthenstand ist ein Kätzchen *(amentum, julus)*, ährenförmig, mit einer mehr oder minder verlängerten Spindel, die durch ein Gelenk mit einer Achse höheren Ranges verbunden ist und hier früher oder später sich ablöst. Männliche und weibliche Blüthen stehen in Kätzchen bei den Familien *Betulaceae* und *Myricaceae*. Nur die männlichen Blüthen bilden Kätzchen bei den Familien *Corylaceae, Fagaceae, Juglandeae* u. s. w.

Die Blüthen sind klein und unscheinbar. Sie sind theils mit einem mehr oder minder ausgebildeten Perigon umgeben — theils ganz ohne Perigon, wie die weiblichen Blüthen der Birken und Erlen. Fruchtknoten meist aus 2—3, bisweilen mehr Carpellen bestehend. Die Frucht oder der Fruchtstand nach Familien und Gattungen mannigfaltig verschieden, mit oder ohne Becherhülle *(cupula)*.

Die Blätter der meisten Amentaceen, namentlich der *Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae*, haben mehrere Züge gemeinsam, namentlich sind sie einfach und führen in der Regel gerade, fiederartig zum Rand verlaufende Seitennerven *(nervatio pinnata)*. Abweichend sind die *Juglandeae* durch gefiederte Blätter, noch mehr die *Casuarinaceae* durch blattlose, nur mit Blattscheiden besetzte Stengel.

Die Familie *Betulaceae* mit den Birken, *Betula*, und den Erlen, *Alnus*, begreifen Sträucher und Bäume mit einhäusigen Blüthen. Sowohl die männlichen als die weiblichen stehen in langen walzenförmigen Kätzchen. Weibliche ohne Perigon. Die Frucht ist eine durch Fehlschlagen des einen Fachs des zweifächrigen Fruchtknotens einfächerige Nuss ohne Becherhülle. Die Betulaceen sind besonders Bewohner der nördlichen gemässigten und der kalten Zone, wo sie die äusserste Baumgrenze erreichen. Andere Arten bewohnen Gebirge der wärmeren Zone.

Bei der Birke, *Betula,* fallen die dreilappigen, mit der Frucht auswachsenden Deckschuppen des weiblichen Kätzchens zusammen mit der gereiften Frucht von der Spindel ab. Die Birken treten theils in geschlossenen Waldbeständen, theils eingesprengt in anderen Beständen auf. Im hohen Norden und auf hohen Gebirgen bleiben die Zwergbirken niederes Gestrüpp.

Im oberen Eocän, Gyps von Aix, kennt man schon eine Birke, *Betula gypsicola* SAP., nach den Blättern, dem dreilappigen fruchttragenden Deckblatt und der geflügelten Frucht. Sie schliesst sich den Birken von Central-Asien an.

Mehrere Birken finden sich in der Miocän-Flora der Nordpolarregion vertreten, unter anderen *Betula prisca* ETT. im Miocän von Spitzbergen und Grinnel-Land. Sie ist zunächst verwandt mit *Betula Bhojpaltra* WALL., die im nördlichen Ost-Indien (Sikkim, Kaschmir) und auf den Gebirgen der Insel Nippon zu Hause ist. *B. prisca* kann als die Stammart der letzteren genommen werden. Sie findet sich in miocäner Verbreitung auch noch auf mehreren von der Nordpolarregion ausgehenden Radien — so in Alaska — auf der Insel Sachalin — in der baltischen Miocänflora, zu Bilin, Salzhausen, Sagor, Radoboj, Sinigaglia.

Aehnlich verhält sich *Betula Brongniarti* ETT. Sie ist in der miocänen Polarflora (Grinnel-Land) vertreten und findet sich ferner miocän auf Sachalin und an vielen Stellen in Mittel-Europa, wie zu Bilin, Salzhausen, Sagor u. a. O. Die zunächst verwandten Arten erscheinen in Nord-Amerika *(Betula lenta* WILLD.) und in Japan *(Betula carpinifolia* SIEB.).

Die Weissbirke, *Betula alba* L., mit ihrer weissen glatten, sich stets abblätternden Rinde (Korkschichte, *Periderma)* bildet Bäume von 10—25 Meter Höhe und ist in Europa, Nord-Asien und Nord-Amerika allgemein verbreitet. Sie reicht in Europa weiter in Nord als irgend ein anderer Baum, bleibt aber an der äussersten Grenze ein unansehnliches Bäumchen. Sie erscheint dabei in mehreren ausgezeichneten Varietäten, von denen eine von vielen Botanikern als eigene Art *B. odorata* BECHST., *B. pubescens* EHRB., angesehen wird. Diese findet sich besonders auf Moorboden, auf höheren Gebirgen und im hohen Norden. Fossile Reste von *B. alba* kennt man aus der interglacialen Schieferkohle von Utznach und Dürnten in der Schweiz, aus dem Kalktuff von Cannstadt u. a. O. Island, jetzt fast völlig entwaldet, hatte zur Zeit seiner Entdeckung durch die Normänner in den Ebenen noch Birkenwälder. In Torfmooren trifft man hier noch in geringer Tiefe auf Stämme von mehr als einem halben Fuss (16 Centim.) Durchmesser.

Die Zwergbirke, *Betula nana* L., ist ein niederer nur 30—60 Centim. Höhe erreichender, meist niederliegender Strauch mit kurzgestielten, fast sitzenden, stumpf gekerbten Blättern. Sie findet sich auf hochgelegenen Mooren der Alpen, des Erzgebirges, des Harzes (auf dem Brocken erst in 974 Meter Mh.). In der norddeutschen Ebene beginnt sie erst in Ostpreussen. In Scandinavien geht sie bis 71° N. Br. und bildet hier die äusserste Holzvegetation. Sie findet sich ferner im Ural und im Kaukasus, im Altai und im arktischen Sibirien. Diese alpine und arktische Glacialpflanze ist eine von denen, die in der Eiszeit ein weit grösseres Gebiet überzogen und an Stellen fossil gefunden werden, von denen sich die Glacialflora seither wieder abgewendet hat. So fanden sich Reste von *B. nana* in einem Torflager zu Oertzenhof in Mecklenburg, während sie jetzt in der baltischen Ebene erst in Ostpreussen anhebt. Ferner fossil in einer glacialen Ablagerung zu Bovey Tracey in Devonshire. Endlich fand sich *B. nana* auch

in Torf unmittelbar über glacialen Schichten zu Schwarzenbach in der ebenen Schweiz (Canton St. Gallen).

Eine der Birke nahe verwandte Gattung ist die Erle, *Alnus*. Bei ihr bleiben die Deckblätter des länglichen, ellipsoidischen Fruchtkätzchens bei der Reifung des Samens an der Spindel sitzen, statt wie bei der Birke abzufallen und bilden einen zapfenartigen Fruchtstand, der aber vom Nadelholzzapfen wohl zu unterscheiden ist. (Die Zapfenschuppe der Erle ist ein fünflappiges Deckblatt, welches in der Achsel je drei Blüthen trägt — die der Abietinen dagegen ein Fruchtblatt oder carpellum, das seinerseits in der Achsel eines Deckblattes entsteht.) Die Frucht ist hier ein zusammengedrücktes ungeflügeltes Nüsschen.

Alnus Kefersteini GOEPP. ist eine Art, die zuerst auf den Fund eines Zweiges mit männlichen Blüthenkätzchen, Antheren und Pollenkörnern in der schiefrigen Braunkohle von Salzhausen in der Wetterau sich gründet. Man kennt jetzt von ihr auch Blätter. Diese Art findet sich in Miocän-Schichten ausserdem noch zu Bilin, Sagor, im Samland u. a. O. Ferner findet sie sich noch im Miocän von Grönland, Spitzbergen und Island. Dann auch auf Sachalin in Ost-Asien und in Alaska. *A. Kefersteini* hatte also — wie eine Reihe von Amentaceen — in der Miocän-Epoche dieselbe arktisch-circumpolare Verbreitung wie *Taxodium distichum*, *Gingko biloba* und andere Nadelholzarten. Die Blätter dieser Art sind rundlich eiförmig und einfach gezähnt oder doppelt gezähnt, sie zeigen entfernt stehende gerade, gegen den Rand zu sich gabelig verästelnde Seitennerven. Die an den Zweigen in Gruppen beisammenstehenden, ziemlich aufrechten walzenförmigen männlichen Blüthenkätzchen führen noch wohl erhaltene Pollen-Körner, die unter dem Mikroskop eine fünfeckig-kugelige Gestalt ergeben. *A. Kefersteini* gilt als Stammart der heute lebenden gemeinen Erle. Ihr nahe verwandt ist die im Miocän von Bilin u. a. O. vorkommende Art *A. gracilis* UNG. Diese letztere gilt als die Stammform der heute lebenden Alpenerle, *A. viridis*.

Die gemeine Erle oder Schwarzerle, *Alnus glutinosa* GAERTN. *(Betula alnus* L.), bildet Sträucher oder Bäume von 5—10 Meter Höhe und darüber. Sie ist fast überall in Europa gemein auf feuchtem Boden — sowohl am Ufer von Bächen und Flüssen — als auch an Torfmooren und in feuchten Waldniederungen oder sogen. Erlenbrüchen. Sie nimmt oft Antheil an der Torfbildung oder hilft sie abschliessen. Sie ist auch über den grössten Theil von Nord-Asien verbreitet, geht aber nicht so weit nach Norden als die Birke. Fossil findet sie sich in Torfmooren und Kalktuffen. SAPORTA erwähnt aus dem pliocänen vulkanischen Tuff des Cantal in der Auvergne eine *Alnus glutinosa var. orbiculata* mit fast kreisrunden Blättern, also eine pliocäne Form unserer gemeinen Erle.

Die Familie *Corylaceae* oder *Carpineae* (Ordnung *Amentaceae)*, mit den Gattungen *Corylus*, *Carpinus* und *Ostrya*, nimmt eine Mittelstellung zwischen Betulaceen und Fagaceen ein. Die Frucht umhüllt halbseitig (bei *Carpinus)* oder glockenartig (bei *Corylus)* ein umgewandeltes Deckblatt, welches ansehnliche Grösse gewinnt und der Vorläufer der Cupula der Fagaceen ist.

Corylus Mac Quarrii FORB., eine dem gemeinen europäischen Haselnussstrauch, *Cor. avellana* L., nahe verwandte Art — und allem Ermessen nach auch der letzteren Stammart — findet sich in den Miocän-Lagern des Polargebietes ringsum verbreitet — auf Spitzbergen und Island, in Grönland und im Grinnel-Land — ferner auf Sachalin in Ost-Asien und in Alaska, in der miocänen Braunkohle des Samlandes u. a. O.

Die im grössten Theil von Europa verbreitete und auch nach Nord-Asien

reichende gemeine Haselnuss, *Cor. avellana* L., ist vom oberen Pliocän an in Europa fossil vertreten — so im untermeerischen Wald oder Forest-bed von Schottland (Firth of Tay), in der zwischen Gletscherschutt eingebetteten Schieferkohle von Utznach und Dürnten in der Schweiz, im Kalktuff von Cannstadt u. a. O. Auch findet man auf den jetzt fast baumlosen Shetlands-Inseln Haselnüsse in Torflagern erhalten.

Bei der Familie *Fagaceae* oder *Cupuliferae*, mit den Gattungen *Fagus, Castanea* und *Quercus*, erreicht die äussere Fruchthülle oder Cupula (Becherhülle) die höchste Ausbildung. Die weiblichen Blüthen sitzen einzeln oder zu mehreren (bis zu 5), in einer aus mehr oder minder zahlreichen, verwachsenden Deckblättchen bestehenden Hülle, Cupula, welche sich nach der Blüthenzeit noch vergrössert. Diese Hülle umgiebt später entweder als Becher oder als zusammenschliessende Kapsel die Frucht oder mehrere Früchte.

Bei der Buche, *Fagus*, schliesst sich die Cupula, öffnet sich aber zuletzt wieder vierspaltig. Sie ist aussen stachlig und beherbergt 2—5 lederige, dreikantige, einsamige Früchte (Bucheckern). Grossblättrige Arten sind für die nördliche, kleinblätterige für die südliche Halbkugel bezeichnend. Diese Gattung begreift namentlich in Europa und Nord-Amerika eine kleine Anzahl ausgezeichneter starker Waldbäume, welche auf Gebirgen und trockenen Ebenen ausgedehnte und geschlossene Bestände zusammensetzen, auch nur wenig oder kein Unterholz dulden.

Die gemeine europäische Buche oder Rothbuche, *Fagus sylvatica* L., ist der Hauptwaldbaum in Deutschland und erreicht 20—25—30 Meter Höhe, auch wohl noch darüber. Sie ist von Norwegen (59° nördl. Br.), und Königsberg (54½° Br.), bis zu den Pyrenäen und noch über die Alpen hinaus verbreitet, bildet in der Ebene von Dänemark und Holstein noch schöne Waldungen und erscheint in Süd-Frankreich und Italien in grösseren Meereshöhen, besonders noch auf den Apenninen als höchster Waldgürtel. Sie fehlt in Torfmooren und Brüchen, reicht aber oft noch dicht an ihren Rand. Fossil erscheint sie zuerst in den oberen Pliocän-Schichten von Europa. So ist sie in einer nur wenig abweichenden Varietät häufig in einer pliocänen (vulkanischen) Aschenschicht zu Saint Vincent am Cantal (Auvergne). Ferner findet sie sich in älteren postglacialen Kalktuffen vertreten, u. a. bei Weimar. In Dänemark erscheint sie in den von den Holzschichten der Torfmoore gebildeten Profilen als die jüngste Waldvegetation. Sie fehlt hier in allen älteren Torflagern, gedeiht aber jetzt in derselben Gegend vortrefflich.

Die Gattung *Fagus* ist in einigen, den lebenden nahestehenden Arten bereits in der Kreide-Formation vertreten. Viele grossblätterige Arten erscheinen im Miocän von Europa. Von diesen ist nach Unger die im Miocän des mittleren Europa sehr verbreitete *Fagus Deucalionis* Ung. — oder nach Ettingshausen die der vorigen sehr nahe stehende *Fagus Feroniae* Ung. aus dem Miocän von Bilin und Salzhausen — als Stammart der europäischen *Fagus sylvatica* zu erachten. — Daran schliesst sich dann als nordamerikanische Linie die *Fagus ferruginea* Michx, eine der unserigen sehr nahe stehende Art, die im nordöstlichen Theile von Nord-Amerika (in Maine, Vermont und dem anstossenden Theile von Canada) ausgedehnte Waldungen bildet.

Ueberhaupt ist anzunehmen, dass die Buchen der seit der Kreide-Epoche aus der Nordpolarregion ausstrahlenden Flora angehören und daher auch in wärmeren Ländern auf die kühleren Gebirgszonen angewiesen sind.

Dies gilt in ähnlicher Weise auch von den antarktischen Buchen, Untergattung *Nothofagus*, mit kleinen Blättern und kleiner Cupula. Sie finden sich in den Anden von Chile (hier in 1600—3000 Meter Meereshöhe), auf Feuerland, wo sie vorwiegend die Wälder bilden *(Fagus antarctica* FORST.), auf Neuseeland, Tasmanien und im südöstlichen Theile von Australien. Diese kleinblätterigen Buchen dürften wohl schon früher, als die grossblätterigen der nördlichen Halbkugel aus der arktischen Region ausgezogen, und etwa der Wanderung der Araucarien nachgefolgt sein. UNGER erkennt in *F. cretacea* NEWB. aus den Kreide-Schichten von Kansas, die Stammart von *F. obliqua* MIRB. in Chile oder der antarktischen Buchen überhaupt. Aus der tertiären Braunkohlen-Formation von Neuseeland beschreibt er *F. Ninnisiana*, ein grösseres Buchenblatt, das mit *F. procera* POEPPIG aus Chile verwandt sein soll.

Bei der Gattung *Castanea* (Fam. *Fagaceae*, Ord. *Amentaceae)* ist die *Cupula* ähnlich wie bei den Buchen geschlossen und stachelig und springt gleichfalls vierspaltig auf. Sie beherbergt 2—5 Früchte und diese sind rundlich, ein- bis zweisamig. Die Castanien ergeben nach ihrem geologischen Vorkommen und ihrer heutigen geographischen Verbreitung eine ähnliche geologische Geschichte wie Birken, Erlen, Buchen u. s. w., nur erscheinen sie an milderes Klima gebunden und erreichen gleichwohl die Tropen nicht. Die Gattung hat nur noch zwei lebende Arten, *Castanea vesca* GAERTN. *(Fagus castanea* L.) und *C. pumila* MICHX.

Die gemeine Castanie oder die Marrone, *Castanea vesca*, ist von Klein-Asien und Persien an über den Himalaya bis ins nördliche China verbreitet. In Italien und Spanien ist sie eingeführt, ebenso in Deutschland, wo sie so weit der Weinbau reicht und noch etwas darüber hinaus gedeiht. In Japan ist sie durch eine örtliche Varietät vertreten. Sie fehlt in Californien und im amerikanischen Prairien-Gebiet, erscheint aber wieder in den südlicheren Staaten des atlantischen Ostens, hier in einer ausgezeichneten Varietät, *C. vesca var. americana* MICHX. Hier erscheint mit ihr auch die zweite durch niedrigeren Stamm und kleinere Früchte verschiedene Art *Cast. pumila* MICHX. Die Castanien bilden also auf der nördlichen Halbkugel einen nur wenig unterbrochenen circumpolaren Gürtel, der meist um 40° B. sich hält. Ihr älterer Ursprung fällt in die Nordpolarregion und die Zahl der Arten war im Verlauf der tertiären Epochen grösser. Von ihnen ist ziemlich nahe mit *C. vesca* verwandt die miocäne Art *C. Ungeri* HEER. Sie findet sich im Miocän von Grönland, Alaska und Sachalin, nach O. HEER auch im Miocän von Leoben in Steiermark. An die Gattung *Castanea* schliesst sich noch *Castanopsis* mit Arten im tropischen Süd-Asien an.

Bei der Gattung *Quercus* (Fam. *Fagaceae*, Ord. *Amentaceae)* ist jede einzelne weibliche Blüthe mit einer Hülle von kleinen Deckblättchen umgeben, welche sich später zu einem gerade abgestutzten, an der äusseren Seite schuppigen Becher oder Napf, der eigentlichen Cupula umgestaltet. In dieser sitzt die grössere eiförmige, mit lederiger Hülle versehene Frucht oder Eichel. Sie ist einfächerig und einsamig.

Die sehr zahlreichen, von 60° N. Br. (St. Petersburg) bis in die Hochgebirge der Tropen verbreiteten Eichen-Arten zeigen eine grosse Mannigfaltigkeit der Belaubung. Mehrere sind ansehnliche Waldbäume und erreichen 30—40 Meter Höhe und darüber. Andere bleiben strauchartig.

Die Blätter sind bald ganzrandig, bald am Rande gesägt, bald buchtig oder gelappt oder selbst fiederspaltig. Die Eichen in kalten Klimaten werfen mit Be-

ginn der kalten Jahreszeit ihre Blätter ab, so die beiden nordeuropäischen Arten *Quercus sessiliflora* SM. und *Qu. pedunculata* EHRH., auch die etwas weiter nach Süden verbreiteten *Qu. pubescens* WILLD. und *Qu. cerris* L.

Bei den Eichen der wärmeren Klimate, so schon bei den in Ober-Italien, Spanien und Algerien verbreiteten Arten, *Qu. suber* L., *Qu. ilex* L. und *Qu. coccifera* L., sind die Blätter ausdauernd, immergrün und von festerem, derberem, lederartigem Gewebe.

Wo immergrüne Eichen in den Wäldern der wärmeren Niederungen erscheinen, folgen gewöhnlich wie in den Apenninen in der höheren kühleren Gebirgszone andere Arten mit abwelkendem und abfallendem Laub. In den Hochgebirgen des tropischen Amerikas steigen die immergrünen Eichen zu bedeutender Meereshöhe an und erscheinen hier zum Theil in der obersten Laubholzzone.

Man kennt über 200 Arten von Eichen. Ein grosser Theil derselben kommt auf Nord-Amerika, Mexiko und die Gebirge des tropischen Amerikas. Die südliche Halbkugel hat keine Eichen. Dies deutet im Voraus schon auf alt-arktischen Ursprung der Gattung. Fast ebenso gross ist die Zahl der fossilen *Quercus*-Arten. Man kennt schon eine Reihe von Arten aus der Kreideformation von Mittel-Europa und Nord-Amerika, auch mehrere in der miocänen Nordpolar-Flora.

Von den immergrünen Arten wollen wir die Verwandtschaft von *Quercus ilex* L., Stecheiche, ins Auge fassen. Ihre ausdauernden, lederartigen Blätter sind eiförmig oder lanzettlich-eiförmig, stachelspitzig gezähnt, vom Grunde herauf mehr oder minder weit ganzrandig. Sie ist im Mittelmeergebiet allgemein verbreitet, häufig in Italien, auch in Istrien, Süd-Tyrol und Tessin vertreten. Ein älterer Vertreter dieses Typus ist *Quercus mediterranea* UNG. aus dem Miocän von Kumi auf Euböa, Parschlug in Steiermark und Sinigaglia in Italien. Diese miocäne Art ist die nächste Verwandte der lebenden in Süd-Europa und Nord-Afrika verbreiteten *Qu. pseudococcifera* DESF. und diese letztere ihrerseits bildet ein vermittelndes Glied zwischen *Qu. ilex* L. und *Qu. coccifera* L. Eine andere Art dieser Gruppe, *Quercus praeilex* SAP., findet sich im oberen Miocän von Mont Charray (Ardèche) und ist in Blättern mit Frucht sammt Becher bekannt.

Aus dem pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon beschreibt SAPORTA eine immergrüne Eiche, die der breitblätterigen Varietät von *Qu. ilex* L. sehr ähnlich ist. Dies ist *Quercus praecursor* SAP. Man kennt Blatt und Frucht. Hieran schliesst sich das Vorkommen von *Quercus ilex* L. in jüngeren Tuffen von Italien u. a. zu Lipari.

Zu den sommergrünen südeuropäischen Eichen mit alljährlich abfallender Belaubung, buchtig gelappten Blättern und stachelspitzigen Lappen gehört *Quercus cerris* L., die Burgunder Eiche. Ihre Früchte sind gestielt, die Schuppen des Fruchtbechers verlängert, pfriemlich und abstehend. *Qu. cerris* bildet ansehnliche Bäume in Süd-Europa, besonders in Spanien, Süd-Frankreich, Italien, Istrien, Krain u. s. w. In dieselbe Gruppe gehört *Quercus palaeocerris* SAP. aus dem oberen Miocän von Mont Charray (Ardèche). Man kennt von ihr die Blätter und die mit gestreckten und zugespitzten Schuppen besetzten Fruchtbecher.

Unsere mittel- und nordeuropäischen Eichen, die LINNÉ unter den Namen *Quercus robur* zusammenfasste, begreifen sommergrüne Arten mit buchtig gelappten oder etwas fiederspaltigen Blättern und stumpf abgerundeten Lappen.

Quercus sessiliflora SM. (*Qu. robur* β LIN.). Die Wintereiche, Steineiche, Traubeneiche, zeichnet sich durch deutlich und oft ziemlich lang gestreckte Blattstiele und verhältnissmässig kurze Blüthenstiele aus. Früchte sitzend oder

sehr kurz gestielt. Die Blattspreite ist gewöhnlich am Grunde in den Blattstiel verschmälert. Diese Art findet sich in Deutschland und überhaupt in Mittel-Europa, besonders an höheren Stellen und auf Gebirgen. Sie geht aber in den Alpen kaum auf 1000 Meter Meereshöhe, reicht im Norden etwas über 60° Br. und überschreitet im Osten den Ural nicht. Sie beginnt fossil erst in den pleistocänen Lagern. In den dänischen Torfmooren folgt *Qu. sessiliflora* auf die Föhren-Region und erst höher oben — als späterer Ankömmling — stellt sich auch die Sommereiche ein.

Qu. pubescens WILLD. ist eine mit *Qu. sessiliflora* noch eng verbundene Art. Die Blätter zeigen noch dieselbe Gestalt, sind aber an der Unterseite filzig behaart. Sie findet sich etwas mehr als beide vorigen in Süd-Europa und Ost-Europa, z. B. Nieder-Oesterreich und Mähren. Nach SAPORTA ist *Qu. pubescens* häufig in Tuffen der Provence zusammen mit *Elephas antiquus.*

Etwas weiter entfernt von beiden letzteren Arten steht *Quercus pedunculata* EHRH. *(Qu. robur α* LIN. *flor. suec.)* die Sommereiche oder Stieleiche. Sie zeichnet sich durch kurzgestielte oder fast sitzende Blätter und verhältnissmässig langgestielte Blüthen aus. Blüthenstiele vielmal länger als der Blattstiel, oft 2—3 Centim. lang. Die Blattbildung ist fast wie bei *Qu. sessiliflora,* aber die Blattspreite ist am Grunde gewöhnlich stark ausgerandet, oft ausgezeichnet zweilappig. Diese Art ist ansehnlicher als *Qu. sessiliflora,* überhaupt der stärkste Baum in Europa und erreicht eine Höhe von 50 Meter und darüber. Sie erscheint beiläufig in derselben Verbreitung wie *Qu. sessiliflora,* besiedelt aber mehr Ebenen und Niederungen. Diese zwei Eichenarten finden sich im grössten Theil von Europa verbreitet, besonders aber zwischen 60° und 45° N. Br., wo sie hie und da noch Waldungen bilden und höhere Gebirgszonen nicht ersteigen. Im Osten des Urals schneiden die Eichen ab. Beide fehlen in Sibirien bis ans stille Meer. In Norwegen fehlen sie von 63° N. Br. an. Fossil erscheint *Qu. pedunculata* erst in pleistocänen Lagern. So in dem zugleich Elephantenreste führenden Kalktuff von Cannstatt und dem der Gegend von Weimar. In Dänemark erschien sie zufolge des Profils der Baumschichten in den Torfmooren erst um eine gewisse Zeit später als *Qu. sessiliflora.* Jetzt finden sich beide Arten in Jütland noch spärlich lebend.

Aeltere Typen der Artengruppe mit stumpfgelappten Blättern sind im Miocän von Europa noch kaum zu bemerken. Die älteste dahin zählende Art dürfte *Qu. Fallopiana* MASSAL. aus dem oberen Miocän von Sinigaglia in Italien sein. Ihre Blätter ähneln schon merklich denen der Winter- oder Steineiche. Daran schliesst sich *Qu. robur pliocenica* SAP. aus dem pliocänen vulkanischen Tuff von Saint Vincent am Cantal in der Auvergne. Ferner *Qu. roburoides* GAUD. aus einer gleich alten Schicht von Toscana. Diese drei fossilen Arten der *robur*-Gruppe schliessen sich in der Bildung des Blattgrundes zunächst an die Wintereiche *Qu. sessiliflora* an, sie bilden nicht die zwei Lappen. Im Allgemeinen ist zu vermuthen, dass die *robur*-Gruppe spät entstand — etwa zur Miocän-Zeit auf Gebirgen Europas — und dass vielleicht *Qu. pedunculata* die jüngste Abzweigung derselben darstellt.

Die Familie *Juglandaceae* schwankt in den Systemen der Botaniker seit Jahrzehnten zwischen den Ordnungen *Amentaceae* (Kl. *Monochlamydeae)* und *Terebenthineae* (Kl. *Choripetalae).* Es sind ansehnliche Bäume, die in der Belaubung und der allgemeinen Tracht von den übrigen Kätzchenblüthlern abweichen. Ihre

Blätter sind gefiedert, während sonst in der Ordn. *Amentaceae* die einfache Blatt bildung Regel ist.

Die männlichen Blüthen stehen in walzenförmigen Kätzchen. Die weibliche zeigt zum Theil eine doppelte Hülle, das eigentliche Perigon ist meist viertheilig. Die Frucht ist eine durch mehrere Eigenthümlichkeiten ausgezeichnete fleischige Steinfrucht. Die äussere Schale oder Leifel, *sarcocarpium*, ist eine grüne, fleischige Lage, die mit der Reife abtrocknet. Darunter liegt eine dicke, an der Oberfläche bald glatte, bald grubig-unebene Steinschale, *Putamen*. Sie zerreisst zwei- oder vierklappig. Im Inneren zeigt die Fruchtschale eine unvollständige, in der Mitte mit einem rundlichen Ausschnitt versehene Hauptscheidewand, sowie am Grunde noch niedrigere Querwände, die sich mit jener kreuzen. Samen vierlappig.

Hierher gehören die Gattungen *Juglans*, *Carya* und *Pterocarya*.

Die Gattung *Juglans*, Wälschnuss, hat eine zweiklappig aufspringende Steinschale. Vier Arten bewohnen Nord-Amerika. Die in Europa eingebürgerte *Juglans regia* ist in Persien und Armenien einheimisch. Japan hat andere Arten.

Mehrere Arten *Juglans* erscheinen in Miocän-Ablagerungen Europas häufig vertreten, andere zeigen sich auch in der Miocän-Flora der Nordpolarregion. Dieselbe Gattung wird auch schon unter den Pflanzenresten der Kreide-Epoche erwähnt.

Juglans acuminata AL. BRAUN findet sich in Blättern und Früchten. Sie ist häufig im oberen Miocän zu Oeningen und zu Sinigaglia. Ferner zeigt sie sich auch in etwas tieferem Niveau zu Münzenberg, Salzhausen, Bilin, Parschlug u. a. O. Ferner im Miocän von Grönland und Island, auch im Miocän auf Sachalin und in Alaska. Der Artname passt auf die zugespitzte Gestalt der Blattfiedern wie auch der Früchte. Blätter gefiedert. Blättchen oder Blattfiedern gegenständig und gestielt, oval-elliptisch oder oval-lanzettlich, gegen vorn verschmälert und zipfelig zugespitzt, ganzrandig, bis 15 Centim. lang. Früchte zugespitzt-eiförmig, am Grunde breit gerundet, vorn scharf zugespitzt, 3—4 Centim. lang. Naht ohne vorstehenden Rand. Oberfläche glatt und nur schwach längsstreifig.

Die Gattung *Carya* oder die *Hickory*-Nuss mit vierklappiger Steinschale ist in 10 Arten in den Wäldern der atlantischen Staaten von Nord-Amerika verbreitet. Mehrere Arten erscheinen in den miocänen Ablagerungen von Europa verbreitet, wie *Carya costata* STERNB. und *C. ventricosa* BROGN. in den Miocän-Schichten der Wetterau u. a. zu Salzhausen in Blättern und Früchten.

Pterocarya, nur noch durch eine einzige lebende Art am Kaukasus, *Pt. caucasica* MEY., vertreten, erscheint fossil im Miocän von Europa, auch noch pliocän in der vulkanischen Asche des Cantal.

Die Familie *Myricaceae*, Ordn. *Amentaceae* begreift Sträucher mit einfachen und ganzen, meist am Rande gesägten, seltener fiederlappigen Blättern. Die Blüthen sind einhäusig oder zweihäusig und stehen in Kätzchen, die aus den Achseln schuppenartiger Deckblätter hervortreten. Frucht eine trockene einfächerige nicht aufspringende Nuss. Die Myricaceen erscheinen in 40 Arten in den gemässigten Klimaten, namentlich in Nord-Amerika, einige auch auf Gebirgen der Tropen. Europa besitzt nur noch eine einzige lebende Art.

Myrica gale L. oder der Gagel ist ein bis ein Meter hoher Strauch im nördlichen und nordwestlichen Europa, in Nord-Deutschland von Bonn und Köln an, in Norwegen, Schottland u. s. w. Er findet sich in morastigen Wäldern und auf Torfmooren. Die Blätter sind lanzettförmig, an der Spitze etwas gesägt, um

die Mitte und am verdünnten Grunde ganzrandig. Nach ETTINGSHAUSEN ist *M. lignitum* die Stammart des Gagels.

Man hat nach fossilen Blättern eine Menge von *Myrica*-Arten in Tertiärablagerungen von Europa angenommen, es bestehen aber oft Zweifel, ob sie auf Myricaceen oder richtiger auf Proteaceen zu beziehen sind. *Myrica lignitum* UNG. *(Dryandroides lignitum)* ist häufig in Miocän-Localitäten von Europa und findet sich u. a. auch noch in der baltischen Miocän-Ablagerung, ferner nach O. HEER auf Sachalin und Alaska — ist also wohl als circumpolare Art zu nehmen. Das Blatt ist fest und lederartig, lanzettlich oder lanzettlich-elliptisch, vorn zugespitzt, am Grunde in den kurzen etwas verdickten Blattstiel verschmälert, um die Spitze und um die Mitte gezähnt, weiter abwärts ganzrandig. Mittelnerv stark, Seitennerven bogig-randläufig und abwechselnd. Von dieser Art soll sich *M. gale* L. herleiten.

Comptonia weicht von *Myrica* nur wenig ab. *Comptonia asplenifolia* BANKS, ist ein Strauch in Nord-Amerika mit schmalen verlängerten, fiederlappigen Blättern. Lappen abgerundet, 3—4 nervig.

Zu *Comptonia* zählt man eine Anzahl gestreckter, fiederlappiger Blätter aus den tertiären — namentlich den oligocänen und miocänen — Ablagerungen von Europa. Sie erinnern alle gleich der lebenden *C. asplenifolia* in Umriss und Nervation mehr oder minder auffallend an gewisse Formen der Farnen und Cycadeen. Sie sind häufig der Familie *Proteaceae* zugezählt worden, bei welcher auch ähnliche Blattbildungen vorkommen. ETTINGSHAUSEN 1851 stellte alle Arten *Comptonia* aus der Tertiär-Formation von Europa zur australischen Proteaceen-Gattung *Dryandra*, die ähnliche Blattform und Nervation hat. Neuere entscheiden wieder für Myricaceen. *Comptonia dryandroides* UNG. *(Dryandra Ungeri* ETT.), findet sich im Oligocän von Sotzka in Steiermark, auch zu Sagor in Krain.

Dazu kommt *Comptonites antiquus* NILSS. aus dem Grünsand der Kreide-Formation von Schonen und dem Kreidemergel von Deva in Siebenbürgen *(Dryandra antiqua* ETT.). Nach UNGER ist dies ein gefiedertes, einem Farnwedel ähnliches Blatt, das zusammen mit dem Stiel etwa 22 Centim. Länge erreicht. Die Hauptspindel und ihre Zweige sind mit einer alternirend-fiederlappigen Spreite versehen, die am Grunde verfliesst. Die Fiederläppchen sind vorn zugespitzt und dreinervig, ähnlich denen von *Dryandra formosa* von Australien, wie auch denen der *C. asplenifolia* von Nord-Amerika. Dies Fiederblatt aus der Kreide-Formation ist ein Räthsel. Es ahmt die Tracht gewisser Farnwedel nach. Seine Fiederzweige gleichen auch dem Blatt von *Comptonia*. Dann gleicht es auch dem Blatt von *Dryandra*, Fam *Proteaceae*. Aber bei lebenden und tertiären Myricaceen und Proteaceen kennt man keine Art mit gefiederten Blättern.

Die geologische Entwicklungsgeschichte der Fam. *Myricaceae* ist hiernach zwar noch nicht bestimmt zu entwerfen, doch ist schon mit Sicherheit anzunehmen, dass sie zu denen gehört, die im Nordpolar-Gebiet ihre ältere Heimath hatten und im Verlaufe der tertiären Epochen von da in niedrigere Breiten ausstrahlten.

Die Familie der Casuarinen, *Casuarinaceae*, mit der in den Tropen, namentlich auf Inseln und an Meeresküsten verbreiteten einzigen Gattung *Casuarina*, weicht in der Gestaltung der vegetativen Theile stark von den übrigen Amentaceen ab. Es sind sogen. blattlose Pflanzen, Bäume und Sträucher, welche die Tracht der Equiseten und Ephedren wiederholen. Die Aeste und Zweige sind

fadenförmig, hängend, gegliedert und wirtelig gestellt. Die Internodien sind lang und längsstreifig. Sie sind an den Gelenken mit häutigen, scheidenförmigen gezähnten Blättern besetzt. Soweit weicht die Tracht ab. Aber die Bildung von Blüthe und Frucht schliesst die Casuarinen den Myricaceen nahe an. Die männlichen und die weiblichen Blüthen stehen in Kätzchen, die weiblichen mehr in Köpfchen. Die Frucht ist eine einsamige Nuss, der Fruchtstand zapfenförmig. Das Holz ist dicht, hart und schwer.

Die Gattung *Casuarina* zählt 30 lebende Arten, von denen die Mehrzahl (22) Australien angehört. Andere finden sich auf den benachbarten Inseln, den Molukken, Java, Sumatra und an der Küste des tropischen Ost-Afrika. Fossil kennt man sichere *Casuarina*-Reste nur in Tertiärablagerungen der Sunda-Inseln. Europa hat noch keine sicheren Casuarinen geliefert. Bruchstücke der Zweige sind allerdings schwer von *Ephedra*-Resten zu unterscheiden (vergl. pag. 37). Hiernach ist anzunehmen, dass die Casuarinen nicht nordpolaren, sondern tropischen Ursprunges sind.

Die Familie *Salicaceae* der Ordnung *Amentaceae* begreift Bäume und Sträucher mit abwechselnden (spiralig gestellten) einfachen Blättern und je zwei hinfälligen Nebenblättchen. Die Blüthen sind zweihäusig und stehen immer in Kätzchen. Die Frucht ist eine meist zweiklappige Kapsel, der Samen mit einem vom Grunde heraufkommenden Haarschopfe versehen. Die einfachen und ungetheilten auch nur selten gelappten Blätter sind am Rande häufig gesägt, bisweilen lederig mit knorpelig verdicktem Saume. Ihr Nervenverlauf ist meist fiederförmig *(nervatio pinnata)*, bisweilen auch mehr oder weniger handförmig *(nerv. palmata)*.

Hierher gehören die beiden Gattungen *Salix* und *Populus*, beides Weichhölzer, die vorzugsweise feuchten Boden lieben und besonders in den kühlen und gemässigten Klimaten der nördlichen Halbkugel circumpolar verbreitet auftreten. Fossil erscheinen sie auch in demselben Gebiete und in der Nordpolar-Region mit zahlreichen Arten, namentlich auch schon in der Kreide-Formation. In die Tropen sind nur wenige Arten vorgedrungen. Allem Anscheine nach ist also überhaupt diese Familie nordpolaren Ursprunges.

Die Gattung Weide, *Salix*, begreift meist Sträucher. Nur wenige Arten, wie *S. alba* und *S. fragilis*, bilden höhere Bäume von 6—10 Meter Höhe und darüber. Es giebt aber auch in kalten Klimaten kriechende, fast krautartige Formen, wie *S. herbacea* und *S. polaris*. Die Blüthen der Weiden stehen in walzigen Kätzchen und haben ungetheilte ganzrandige Deckschuppen. Das Perigon fehlt, es ist durch honigbildende Drüsen oder Nektarien, welche den Insectenbesuch vermitteln, vertreten. (Es sind *plantae insectophilae)*. Die Blätter sind meist lanzettförmig, häufig mit scharfgesägtem Rand, bisweilen lederig. Nervation fiederig.

Die Weiden sind eine in der heutigen Flora an Arten und Varietäten reiche Gattung, deren mannigfache Formen von dem hohen Norden und den beschneiten Alpengipfeln bis in die Tropen sich verbreiten. Sie lieben überhaupt feuchten, namentlich Moor- und Bruchboden. Sie gehören vorzugsweise zur Flora der Flussufer und Flussinseln und bedecken hier oft ausgedehnte Strecken. Manche sind bei der Torfbildung betheiligt. So *S. repens* auf grasigem Moorboden. Nur wenige Weiden sind Waldgewächse und auch diese bilden keine Wälder für sich, sondern erscheinen nur in Lichtungen und Waldsäumen eingestreut. So *S. caprea* mit ihren Verwandten. Gegen den Polarkreis zu und auf

Hochgebirgen werden die Weiden zwerghaft, treten nur wenig aus der Moosdecke des Bodens hervor und bleiben während des 8—9 monatlichen Winters im Schnee vergraben. Diese krautartigen Zwergweiden gehen in den Alpen bis 2200 und 2400 Meter Meereshöhe. Mehrere Arten derselben wie *S. herbacea* u. a. sind dem arktischen Gebiet und der Schneegrenze der Alpen specifisch gemeinsam. Während der Glacialepoche waren diese auch im mitteleuropäischen Gebiete verbreitet. Die Mehrzahl der Weiden-Arten findet sich in der gemässigten und kalten Zone der nördlichen Halbkugel und in diesem Gebiete ist die Weide in Formenausbreitung begriffen, reich an Varietäten und Bastarden und deren Sichtung schwierig und schwankend. Die Zahl der heute lebenden Weiden-Arten ist daher auch nicht sicher festgestellt, in Deutschland sollen mindestens 34, höchstens 50 Arten vorkommen. Gegen Süden zu nimmt die Zahl der Weiden merklich ab. Nur wenige drangen zur Tropenzone vor und diese sind zum Theil Hochgebirgsbewohner.

Man kennt fossil etwa 86 Arten von Weiden in der Kreide-Formation und den Tertiär-Formationen. Weiden erscheinen namentlich auch in der miocänen Flora der Nordpolarregion u. a. in Grönland.

Die Bruchweide, *Salix fragilis* L., erscheint als Gesträuch oder als ein bis 12 Meter hoher Baum. Diese Art ist der Typus der Bruchweiden, *fragiles*, deren Zweige an der Stelle der Verbindung mit dem Stamme leicht abbrechen. Sie hat lanzettliche, lang zugespitzte Blätter, dreimal so lang als breit oder länger, kahl, an der oberen Seite glänzend, am Rande mit einwärts gebogenen Sägezähnen. Zweige sehr brüchig, Blüthentragende Seitenzweige meist mit ganzrandigen Blättern. *S. fragilis* ist häufig an Ufern von Flüssen und Bächen, besonders in Wiesenebenen. Sie ist über fast ganz Europa verbreitet, geht bis zu 1500 Meter Meereshöhe und findet sich auch in Persien und Sibirien. Fossil findet sie sich mit anderen Weiden im Kalktuff von Cannstadt.

Die Stammart von *S. fragilis* ist nach Unger wahrscheinlich die miocäne *S. varians* Goepp. Ihre Blätter sind kurz gestielt, spitz-lanzettförmig, fein und scharf gezähnelt, am Grunde bald mehr zugerundet, bald allmählich verschmälert, 4—6 mal länger als breit. Die Nervation ist fiederig. Mittelnerv mässig stark. Secundär-Nerven zahlreich und schwach, nach dem Rande zu sich verästelnd und zusammengehend. *S. varians* findet sich in miocänen Ablagerungen zu Schossnitz in Schlesien, zu Oeningen, Münzenberg und Salzhausen. Ferner nach Heer in Alaska und auf Sachalin, dann auch in Grönland.

Salix polaris Wahlenb. ist eine der kleinen niederen Polarweiden mit unterirdischen, kriechenden, im Moos versteckten Stämmchen. Blätter kreisrund oder oval, vorn stumpf, ganzrandig, etwas gesägt, beiderseits glatt und glänzend. Sie findet sich in Lappland und Finmarken, auf Novaja Sembljа u. s. w.

S. polaris zählt mit *S. herbacea* und *S. reticulata* L. zu den uralten Glacialpflanzen der Nordpolargegend, die hier schon in sehr früher Zeit im Gebirge unterhalb der Schneegrenze entstanden und sich im arktischen Gebiet erhielten, zur Zeit der grössten Abkühlung in Europa aber weiter südwärts saassen. Nathorst fand zu Cromer in Norfolk über dem forest-bed und unmittelbar unter dem Block-Lehm oder boulder-clay Blätter von *S. polaris*. Ferner fand sich nach Nathorst in den postglacialen Thonen des südlichen Schwedens *S. polaris* W. zusammen mit *S. herbacea* L., *S. reticulata* L. und *Dryas octopetala* L. Dieselbe Flora fand Nathorst auch in der unteren Schicht der Torfmoore auf

Seeland über glacialem Schutt und unterhalb der Schicht mit Resten der Espe, *Populus tremula* L.

Die Gattung Pappel, *Populus*, begreift meist hohe Bäume, die 10 bis 30 Meter Höhe und darüber erreichen. Manche bleiben auch strauchartig. Die Blüthen sind zweihäusig und stehen in Kätzchen wie bei den Weiden, aber sie sind mit dachigen, geschlitzten, abfallenden Deckschuppen versehen und besitzen ein becherförmiges Perigon. Die Frucht ist wie bei den Weiden eine zweiklappige und vielsamige Kapsel. Die Blätter sind meist breit und langgestielt, oft lederartig und dazu noch mit verdicktem Rande versehen. Die Nerven derselben laufen theils fiedrig, theils auch rücken die unteren Seitenerven zum Blattgrund herab, womit ein stufenweiser Uebergang der fiedernervigen in die handnervige Blattbildung verknüpft ist.

Die Pappeln lieben freie lichte Stellen und vertragen nur wenig Schatten, wohl aber zeitweise Nässe. Sie gedeihen daher besonders in sumpfigen Waldungen und an Waldrändern. Einige Arten gehen übrigens auch auf Gebirge. Man kennt etwa 20 oder 22 lebende Arten, darunter nur 2 oder 3 deutsche. Sie gehören der nördlichen Halbkugel an und sind hier besonders zwischen 50 und 30° nördl. Br. zu Hause, die Espen gehen aber noch weiter in Nord. Ueber die Hälfte der Arten gehören Nord-Amerika an, sie finden sich besonders in den nordöstlichen Unions-Staaten und in Canada.

Man kennt fossil etwa 62 Pappel-Arten in der Kreide-Formation und in den tertiären Formationen.

Ein vereinzeltes Pappel-Blatt fand sich schon in der unteren Kreide-Stufe von Grönland (70° 40′ nördl. Br.). Dies ist zur Zeit wohl der älteste Fund von Dicotyledonen-Resten.

Die Gattung *Populus* findet sich auch in der mittleren Kreide-Formation *(Et. cenomanien)* von Grönland (40° nördl. Br.) vertreten. Ebenso mit mehreren Arten in der miocänen Flora von Grönland. Alles Beweise für den nordpolaren Ursprung der Pappeln.

Populus Zaddachi HEER gehört zu den Balsampappeln, *balsamitae*. Die Blätter sind eine der häufigsten Arten der baltischen Miocän-Flora oder der Braunkohle des Samlandes bei Königsberg. Sie finden sich auch im Miocän von Grönland, Grinnel-Land und Spitzbergen, ferner auf Sachalin und in Alaska. Die Blätter sind eiförmig und am Grunde meist leicht ausgerandet. Der Rand ist stumpf gezähnt. Die Nervenbildung ist handförmig, *nervatio palmata*, mit 5—7 Hauptnerven. Vom Grunde des zur Blattspitze gehenden Mittel- und Hauptnerven treten jederseits zwei sanft gebogene seitliche Hauptnerven, *nervi primarii laterales* unter spitzem Winkel aus. Ferner gehen vom Mittelnerven nach beiden Seiten und von den seitlichen Hauptnerven nach der Aussenseite sanft gebogene Secundärnerven ab.

Unsere lebende Schwarzpappel, *Populus nigra* L., ist der Typus der Artengruppe *marginatae*, die Blätter zeigen einen festeren, knorpligen, hellen Rand. Es ist ein ansehnlicher Baum, der 20—25 Meter Höhe erreicht. Die Blätter sind dreieckig-eiförmig, am Grunde bald etwas abgestutzt, bald keilförmig verdünnt, vorn zugespitzt. Nervation fiederig, aber die unteren Seitennerven stehen etwas gedrängt. Die Schwarzpappel findet sich in Mittel- und Süd-Europa an Flussufern und feuchten Waldrändern, überhaupt gern auf zeitweise überschwemmten Ebenen. Die Stammart der *P. nigra* ist nach UNGER die miocäne *P. latior* AL. BRAUN. Sie findet sich im Miocän von Oeningen, Parschlug, Radoboj, Salz-

hausen u. s. w. Dieser Verwandschaft gehört auch die in Nord-Amerika lebende *P. monilifera* L. an.

Populus tremula L., die Espe oder Zitterpappel, Typus der Artengruppe *trepidae*, bildet Sträucher oder Bäume und wird im letzteren Fall bis 13 Meter hoch. Blätter herzeirund oder fast kreisförmig, am Rande buchtig gezähnt. Die Nervation ist fiederförmig, aber die unteren Seitennerven entspringen schon dicht über dem Blattgrund. Die Blattstiele lang und seitlich zusammengedrückt. Die Espe findet sich häufig in etwas feuchten Laubwäldern und an Waldrändern. Sie ist über fast ganz Europa verbreitet. Sie reicht weit nach Norden und ist in Sibirien an der Waldgrenze häufig. Sie kommt auch in Süd-Europa vor und reicht in Asien bis Sachalin. In Nord-Amerika fehlt sie, ist aber hier durch die nahe verwandte Art *Pop. tremuloides* MICHX. vertreten, die von den atlantischen Staaten durch Canada und die Rocky mountains bis Californien vorkommt.

Die Gruppe der Zitterpappeln ist miocän schon in Grönland und in Europa vertreten. *Pop. Richardsoni* HEER kann der Espe verglichen werden und findet sich im Miocän von Grönland und Spitzbergen.

Pop. tremula L. findet sich in Blättern in der pliocänen Vulkanasche von Saint Vincent im Cantal, Auvergne. Sie findet sich auch im Kalktuff von Cannstadt. In den dänischen Torfmooren geht *Pop. tremula* L. der Waldschicht mit der Föhre *(Pinus sylvestris)*, noch vor, — wie sie auch in der heute lebenden Waldflora von Nord-Europa weiter nördlich vorgeht als die Föhre.

In den Torfmooren auf Seeland fand NATHORST unterhalb der Schichte mit *Pop. tremula* noch eine solche mit glacialen Weiden. *P. tremula* reicht durch alle höheren Torfschichten und gedeiht noch jetzt in Dänemark. E. FRIES fand auch in den Mooren von Schweden auf glacialem Gruslager zu unterst *Pop. tremula* herrschend und darüber das Baumlager mit der Föhre. Die Reihenfolge der Vegetationen war also in Dänemark und Schweden nach Ablagerung des letzten glacialen Gruses erst eine solche von Polarweiden und anderen Glacialpflanzen, dann die der Espe, dann die Föhre u. s. w.

Sehr abweichend in der Tracht von den übrigen Amentaceen ist die Familie der Pfeffergewächse, *Piperaceae*, die in dieser Hinsicht sehr mit gewissen Monocotyledonen übereinkommt, auch der letzteren Klasse von manchen älteren Systematikern zugetheilt wurde. Es sind nacktblüthige Landpflanzen, meist im heissen Klima der Tropen einheimisch, theils Kräuter, theils Sträucher oder niedrige Bäume. Blüthenbau und Blüthenstand erinnern in der Tracht sehr an Aroideen. Die Blüthen sind entweder zwitterig oder diclinisch, stets ohne Perigon, aber von einem schildförmigen Deckblättchen getragen. Sie stehen dicht gedrängt auf einem fleischigen Kolben oder in einer Aehre. Die Frucht entsteht aus einem einfächerigen, einsamigen Fruchtknoten und stellt eine Beere dar. Die Bildung des Holzstammes erinnert an den monocotyledonischen Typus. Bei den Piperaceen ordnet sich nur ein Theil der neu entstandenen Stränge oder Blattspuren sofort nach ihrem Eintritt in den Stengel in typischer Weise zum Ring. Die anderen Blattspuren dringen tiefer in das Mark ein und bleiben hier unregelmässig zerstreut oder gruppiren sich auch hier zu Ringen. Hierdurch erhält die Achse der Piperaceen das Ansehen eines Monocotyledonen-Holzes.

Die Piperaceen begreifen mehrere hundert, vielleicht an 1000 lebende Arten, von denen die Mehrzahl den Tropen angehören. *Piper nigrum* L. Der schwarze Pfeffer im südlichen Theile von Ostindien (besonders in Malabar) auf Ceylon und den Sunda-Inseln ist ein etwa fingerdicker, hin- und hergebogener, auf etwa

6—8 Meter Höhe an Bäumen hinaufklimmender Strauch mit stielrunden an den Gelenken verdickten Aesten und blattgegenständigen, 7—10 Centim. langen Blüthenkolben. Blätter oval, vorn zugespitzt, ganzrandig, lederig. Nervation fiederig, Seitennerven bogig und weit gegen die Spitze vorlaufend.

Man kennt aus Europa und Nord-Amerika noch keine fossilen Piperaceen, wohl aber fand GÖPPERT in der tertiären, wahrscheinlich miocänen Flora von Java Blätter und Stengel von einigen Arten von *Piperites*. Man muss also nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse annehmen, dass die Piperaceen — wie auch die Casuarinen — nicht zur nordpolarischen Ausstrahlung gehören, sondern in den Tropen entstanden. Ein Mehreres liegt noch im Dunkeln.

Wir müssen uns nach Erörterung der für Geologie und Paläontologie besonders wichtigen Amentaceen für die übrigen Monochlamydeen und die Choripetalen kürzer fassen und betreffs der zahlreichen Einzelheiten auf Lehrbücher und Monographien verweisen.

Wir schalten hier die erloschene und nach ihrer genaueren systematischen Stellung seit Jahrzehnten unsichere Gattung *Credneria* ein. Sie ist nur nach Blättern bekannt, die sich in ziemlich vielen Arten in der mittleren und oberen Kreide-Formation von Sachsen, Böhmen, dem Harz u. a. O. z. B. im Schieferthon von Niederschöna in Sachsen und im Quadersandstein von Blankenburg am Harz finden und neuerdings auch in der mittleren Kreideformation von Grönland (70° B.) nachgewiesen worden sind.

Diese *Credneria*-Blätter sind gross und fest, grobnervig, und werden 10 bis 20 Centim. lang. Sie sind mehr oder weniger breitgerundet, oft umgekehrt eiförmig, am Grunde meist etwas ausgeschnitten und oft deutlich zweilappig, am Vorderrand buchtig gezähnt. Der Blattstiel ist dick. Die Nervation ist fiederig und ungewöhnlich stark ausgebildet. Von der Mittelrippe gehen 2—4 Paar starke, etwas gebogene Seitennerven ab. Das erste Paar entspringt etwas oberhalb vom Blattgrund, ist gegenständig und ziemlich stark. Zwischen diesem unteren Paar und dem Blattgrund verlaufen aber noch ähnlich wie bei manchen Pappeln jederseits einige unter rechtem Winkel abgehende schwache Seitennerven. Die Nerven des Adernetzes sind verhältnissmässig deutlich ausgebildet, verlaufen zwischen dem Mittelnerv und den Seitennerven meist unter rechtem Winkel und ordnen sich vom Blattgrund gegen die Spitze zu einer sehr regelmässigen Folge von Bogenlinien. Häufig finden sich diese Blätter zusammengerollt, ähnlich wie abgefallenes und verdorrtes Erlenlaub. Man stellt die für die mittlere und obere Kreide-Formation sehr bezeichnende Gattung *Credneria* meist zu den Amentaceen. Andere Paläophytologen stellen sie aber zu den Polygoneen oder in die Nähe der Linden u. s. w.

Die Familie *Lauraceae* (Ordn. *Polycarpicae)* begreift einige hundert Arten von Sträuchern und Bäumen, welche meist den tropischen Regionen angehören, seltener in gemässigt-warmen Klimaten auftreten. Der gemeine oder edle Lorbeer ist davon die einzige europäische und überhaupt die am weitesten nach Norden reichende Art.

Die Blüthen stehen in Trauben, Rispen oder Trugdolden, sie sind diöcisch bei *Laurus*, zwitterig bei *Cinnamomum* und *Camphora*. Das Perigon ist kelchartig, am Grunde zu einer Röhre verwachsen, besteht aus zwei alternirenden, zwei- bis dreizähligen Kreisen und erscheint daher vier- bis sechsspaltig. Es ist abfallend bei *Laurus*, bleibt bei *Cinnamomum* am Grunde der Frucht stehen. Die Frucht ist einsamig und bald mehr eine Beere, bald mehr eine Steinfrucht. Die Blätter

sind meist abwechselnd, seltener gegenständig. Sie sind einfach und ganzrandig, meist immergrün und lederartig. Bei *Sassafras* sind sie abfallend und zum Theil mehr oder weniger gelappt. Die Nervation ist fiederig, und bogig bei *Laurus*, dreizählig handförmig bei *Cinnamomum*.

Die Lauraceen zeigen sich fossil zuerst in der Kreideformation und zwar in der *Dacota*-Gruppe, in welcher die Gattung *Sassafras* erscheint. In der eocänen Flora von Gelinden bei Lüttich sind bereits die vier Lauraceen-Gattungen *Laurus*, *Persea*, *Cinnamomum* und *Sassafras* nebeneinander vertreten. In der arktischen Miocän-Flora erscheinen die Lauraceen nur noch spärlich. *Sassafras* ist noch im Miocän von Grönland zu finden. Die anderen Gattungen sind bereits von hier verdrängt. Im Miocän von Mittel-Europa sind die Lauraceen reichlich vertreten. *Cinnamomum* reicht in der baltischen Miocän-Flora an der Ostseeküste bis 54° N. B. Ebenso geht *Cinnamomum* im Miocän von Ost-Asien bis auf Sachalin, 51° N. B. Im obermiocänen Kalkschiefer von Oeningen am Bodensee kommen noch Reste von Lorbeer- und Zimmetbäumen vor, aber nach der letzten Haupthebung der ausgedehnten Alpenkette verlieren sie sich bald in Mittel-Europa. Jetzt ist von dieser Familie im südlichen Europa nur noch der gemeine Lorbeer übrig. Einige andere Lauraceen haben auf ihrem Rückzug in den milderen Süden auch eine Zuflucht auf dem azorisch-canarischen Inselgebiet gefunden, wie *Laurus canariensis* und *Oreodaphne foetens*.

Bei der Gattung *Laurus* im engeren Sinn sind die Blüthen diöcisch, das Perigon abfallend, die Blätter immergrün, lederartig, bald länger, bald kürzer lanzettlich und ganzrandig.

Laurus nobilis L., der gemeine oder edle Lorbeer, ist ein 2—3 Meter hoher Strauch oder auch ein 6—8 Meter hoher Baum mit steif aufrechten Zweigen. Blüthen in winkelständigen Büscheln. Blätter elliptisch lanzettlich, nach vorn und am Grunde fast gleich stark verschmälert, ganzrandig, aber am Rande etwas wellig auf- und abgebogen, immergrün, starr. Nervation fiedrig mit bogigen Secundärnerven, die meist nahe am Rande z. Th. unter Gabelung sich verlieren. *L. nobilis* ist in den Mittelmeer-Ländern, auch im wärmeren Asien und in Nord-Afrika verbreitet. In Griechenland und auf Sicilien bildet er häufig noch Haine. In Süd-Europa ist er auch stellenweise, wie z. B. in Süd-Tyrol, verwildert. In Mittel-Deutschland verträgt er schon den Winter nicht mehr und wird hier nur noch in Töpfen gezogen. Diese Art ist sicher eine in Süd-Europa noch einheimische, wenn sie auch an manchen heutigen Standorten nur verwildert sein mag. Sie erscheint auch fossil in einigen oberpliocänen oder pleistocänen Schichten von Süd-Frankreich und Italien.

Eine mit *L. nobilis* nahe verwandte Art ist *Laurus canariensis* WEBB auf den Canaren, Madeira und den Azoren. Sie erscheint nach SAPORTA auch fossil im pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon. Sie gehörte also in der Pliocän-Epoche noch zur südeuropäischen Flora, ist aber inzwischen in Süd Europa erloschen und hat damals nur im canarisch-azorischen Inselgebiet — entweder auf dem Weg einer ehemaligen Landverbindung oder was noch wahrscheinlicher ist, durch Samenübertragung — eine Zufluchtstätte gefunden.

Laurus Omalii SAP. findet sich im unteren Eocän von Gelinden bei Lüttich. Das Blatt weicht in Form und Nervation nur wenig von den miocänen und den oben erörterten lebenden Lorbeer-Arten ab, ist aber schlanker lanzettlich. Schmalblättrig ist auch noch *Laurus primigenia* UNG. Diese Art findet sich im oberen

Eocän von Aix in der Provence, im Oligocän von Sotzka, im Miocän von Münzenberg, Salzhausen u. a. O.

Laurus princeps HEER, ebenfalls im Miocän (Münzenberg, Salzhausen u. a. O.) nähert sich durch zunehmende Blattbreite noch mehr dem gemeinen Lorbeer, *L. nobilis* L., und dem nahe verwandten *L. canariensis* WB.

Die Lauraceen-Gattung *Oreodaphne*, heute auf den Canarischen Inseln und in West-Indien einheimisch, ist durch *O. Heeri* GAUD. im oberen Miocän von Sinigaglia und im pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon vertreten. Jetzt ist diese Gattung aus Europa verdrängt, aber auf den Canaren und auf Madeira hat sich noch *O. foetens* AIT. erhalten. Sie erscheint schon fossil im pliocänen vulkanischen Tuff von St. Jorge auf Madeira.

Persea, Familie *Lauraceae*, ist heute ebenfalls vorwiegend im wärmeren Theile von Nord-Amerika, in West-Indien und Brasilien, aber auch noch mit einer Art *(P. pseudoindica* WILLD.) im canarisch-azorischen Gebiet vertreten. Sie zeigt sich vielleicht schon in der Kreideformation (Dacota-Gruppe), jedenfalls im unteren Eocän von Gelinden bei Lüttich *(P. palaeomorpha* SAP.), im Miocän *(P. radobojana* ETT.) und schliesslich noch im pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon. Mit dem letzteren Vorkommen schliesst die europäische Artenreihe von *Persea* und findet ihre Fortsetzung nur noch im canarisch-azorischen Verbreitungsfeld.

Die Gattung *Sassafras* begreift Lauraceen mit abfälligen, gelappten Blättern. *S. officinalis* NEES *(Laurus sassafras* L.), ist ein 5—15 Meter hoher Strauch oder Baum der wärmeren atlantischen Unionsstaaten (Virginien, Carolina, Florida). Die Blätter sind einjährig, hinfällig und bald ganz, bald gelappt, unterseits zottig-filzig. Die nach dem Blühen entwickelten Blätter sind meist dreilappig, mit zwei starken unteren Seitennerven. Der Sassafrasbaum wird auch im südlichen Frankreich noch angepflanzt. In Mittel-Deutschland ist ihm der Winter schon etwas zu streng.

Die heute nur noch in Nord-Amerika einheimische Gattung *Sassafras* ist in Tertiär-Schichten von Europa mehrfach vertreten, fehlt aber in der heutigen europäischen Flora. Nach LESQUERREUX ist Sassafras schon in der Dacota-Gruppe der Kreide-Formation von Nord-Amerika vertreten. Nach OSW. HEER erscheint Sassafras im Miocän von Grönland. Aus dem untereocänen Kalktuff von Sezanne (Pariser Becken), beschreibt SAPORTA ein grosses dreilappiges Blatt, *Sassafras primigenium* SAP. In den Miocän-Schichten von Europa erscheint *Sassafras Aesculapi* HEER. Die letzte europäische Art dieser Gattung ist *Sassafras Ferretianum* MASSAL. im oberen Miocän von Sinigaglia in Mittel-Italien und in der pliocänen vulkanischen Asche von Saint Vincent auf dem Cantal, Auvergne. Es sind dreilappige oder ungleich-zweilappige Blätter. Die zwei unteren Seitennerven sind fast so stark als der Mittelnerv, gegenständig, entspringen etwas oberhalb vom Blattgrund und gehen zur Spitze der seitlichen Lappen. Mit dieser Art verschwindet Sassafras aus der europäischen Flora.

Bei der Gattung *Cinnamomum* bleibt das Perigon am Grunde der Frucht stehen. Die Blätter sind immergrün, die Blattnerven drei- oder fünfzählig, die seitlichen bogig und spitzläufig. Die Arten gehören meist Ost-Indien und den Sunda-Inseln an, die Gattung ist aber auch noch auf Japan vertreten.

Cinnamomum ceylanicum NEES. *(Laurus cinnamomum* L.), ist ein 8—9 Meter Höhe und 37 Centim. Dicke erreichender Baum in Ost-Indien und besonders auf Ceylon. Blüthen winkel- und gipfelständig, in trugdoldigen Rispen. Blätter

immergrün, meist gegenständig, eirund oder eilänglich, gegen vorn zugespitzt und am Blattgrunde verschmälert. Nervation drei- bis fünfzählig, mit bogigen, spitzläufigen Seitennerven *(nervatio acrodroma)*.

Dem ceylonischen Zimmetbaum ist nach UNGER zunächst verwandt die im oberen Eocän, im Oligocän und im Miocän von Europa sehr verbreitete Art *Cinnamomum Rossmaessleri* HEER. Ihre Blätter sind lederartig, gestielt, länglich eiförmig, vorn zugespitzt oder etwas abgestumpft, ganzrandig. Die Nervation ist dreizählig. Die seitlichen Hauptnerven entspringen am Blattgrund oder bald darüber, verlaufen fast in die vorderste Spitze und zwar dem Rande fast gleichlaufend und demselben ziemlich genähert. Die übrige Blattfläche ist von einem Netz feiner Adern bedeckt. Diese Art findet sich im oberen Eocän von Monte Promina in Dalmatien, im Oligocän von Sotzka in Steiermark, im Miocän von Altsattel in Böhmen, von Radoboj in Croatien, von Parschlug in Steiermark, von Kumi auf Euböa, von Münzenberg in der Wetterau und noch im oberen Miocän von Oeningen am Bodensee.

Bei *Cinnamomum Scheuchzeri* HEER, sind die Blätter elliptisch-oval oder länglich, schwach gegen den Grund zu verschmälert oder hier etwas zugerundet, gestielt und fast gegenständig. Nervation dreizählig, die beiden seitlichen Hauptnerven laufen mehr oder minder dem Rande gleich und reichen nicht ganz in die Blattspitze. Die Blüthe hat ein kurzes, abfälliges Perigon. Die Frucht ist eirund. Diese Art ist nahe verwandt mit dem auf Japan lebenden *Cinnamomum pedunculatum* THUNB. *(C. japonicum* SIEB.). Sie erscheint fossil im Oligocän von Sotzka und häufig in den europäischen Miocän-Fundschichten von Radoboj, Parschlug, Kumi, Münzenberg, Salzhausen u. a. O. Ihr nördlichstes Vorkommen ist im Miocän der Ostseeküste, ihr letztes im Norden der Alpen im oberen Miocän von Oeningen.

Die Gattung *Cinnamomum* überhaupt erscheint in den tertiären Lagern der Nordpolarregion nicht vertreten, und dürfte also zur Zeit der miocän-arktischen Flora schon aus jenem Gebiet durch die polare Abkühlung verdrängt gewesen sein. Die nördlichsten Stellen ihres miocänen Vorkommens fallen an der Ost-See auf 54°, auf der Insel Sachalin auf 51° nördl. Br. Nach der, auf die Ablagerung des Oeninger Kalkschiefers erfolgenden letzten Haupterhebung der Alpenkette, verschwindet sie aus Mittel-Europa und noch eine Stufe später auch aus Süd-Europa.

Die Gattung *Liriodendron*, Tulpenbaum (Familie *Magnoliaceae*, Ordnung *Polycarpicae)*, ist ein heut zu Tage monotypisches Genus, welches ehedem reichlicher vertreten war. Es trägt Blüthen, die eine gewisse äussere Aehnlichkeit mit Tulpen haben und zahlreiche, spiralgestellte, in Form eines Zapfens zusammengedrängte Früchtchen mit je 1—2 Samen.

Liriodendron tulipifera L. ist ein 10—25 Meter Höhe erreichender Baum des gemässigt warmen Klimas der südöstlichen Unionsstaaten (Virginien u. s. w.) und fehlt schon im Inneren und im Westen von Nord-Amerika. Er gedeiht angepflanzt auch im mittleren Deutschland bis zu 50° und 52° nördl. Br. noch sehr gut und übersteht unseren Winter. Kelch dreiblättrig, abfällig. Blumenblätter sechs, etwas glockig zusammenschliessend. Die Blätter werden 10—15 Centim. lang. Sie sind dreilappig, fast so lang wie breit und langgestielt. Der Mittellappen ist vorn etwas ausgerandet, die Seitenlappen meist in Zipfel ausgezogen. Nervation fiedrig, mit (jederseits 7—8) geraden Secundärnerven, von denen meist 2 oder 3 in einem Blattzipfel zusammengehen.

Liriodendron ist schon in der Dacota-Gruppe der Kreide-Formation im westlichen Nord-Amerika durch eine Art vertreten, welche der heute noch lebenden bereits nahe steht. Der arktischen Miocän-Flora (Spitzbergen, Grönland) fehlt *Liriodendron*. Diese Gattung erscheint aber gleichzeitig in einer niedrigeren Breite — und also in milderem Klima — auf Island 64½° nördl. Br. Hier dürfte damals die nördliche Grenze derselben Gattung gewesen sein, deren einzige noch lebende Art jetzt im östlichen Nord-Amerika nur bis 40° nördl. Br. geht, in Deutschland als Parkbaum noch bei 50 und 52° fortkommt.

Liriodendron ist auch in der miocänen und selbst noch in der pliocänen Flora von Europa vertreten. PROCACCINI beschrieb zuerst aus dem obermiocänen Gypslager von Sinigaglia bei Ancona (43½° Br.) Blätter, die der lebenden nordamerikanischen Art sehr nahe kommen. Dies ist *Liriodendron Procaccinii* UNG. Es sind dreilappige Blätter mit grossem Mittellappen, der breiter als die Seitenlappen ist. Der Vorderrand abgestutzt oder etwas ausgerandet. Seitenlappen bald zugerundet, bald etwas ausgezogen. Diese Art erscheint auch noch im pliocänen Kalktuff von Meximieux bei Lyon. Mit ihr erlischt die Gattung für die europäische Flora.

Die Gattung *Tilia*, Linde (Fam. *Tiliaceae*, Ordn. *Columniferae)* begreift in der heutigen Flora eine mässige Anzahl von Arten, die an die Buchen- und Eichen-Region der nördlichen Halbkugel gebunden erscheinen. Sie enthält Bäume mit gewölbter Krone, diese erreichen eine Höhe von 20—25 auch 35 Meter und eine Dicke von 1, selten auch 2—3 Meter.

Der Blüthenstand ist eine Trugdolde, deren Hauptstiel mit einem zungenförmigen, eigenthümlich geaderten Deckblatte oder Floralblatte beiläufig bis zur Mitte verwachsen ist. Kelch und Krone fünfblätterig. Der Fruchtknoten ist ursprünglich fünffächerig, gestaltet sich aber durch Fehlschlagen einfächerig. Die Frucht ist eine lederige, aussen filzige, nicht aufspringende Kapsel, mehr oder minder kugelig oder umgekehrt-eiförmig, oft aussen gekantet oder gerippt, meist einfächerig und ein- oder zweisamig. Die Blätter sind ziemlich gross, herzeiförmig, am Grunde schief, am Rande sägezähnig, vorn plötzlich zugespitzt, lang gestielt. Die Nervation ist fiederig, aber am Blattgrunde gehen meist noch vom Mittelnerven zwei und drei starke Seitennerven ab, wodurch dieselbe ins handförmige übergeht. Das Wachsthum des Stammes geschieht rasch und das Holz ist weich.

Die Linden bilden nur selten eigene Waldbestände, meist finden sie sich unter andere Waldbäume vertheilt. Sie gedeihen besonders auf Alluvialebenen und in gemässigtem Klima, erreichen aber auch noch mittlere Gebirgshöhen. Die Arten entfernen sich nur wenig in ihren Merkmalen vom gemeinsamen Typus, es kommen verhältnissmässig viele zwischen Art und Varietät schwankende Formen vor, über deren Werth die Ansichten abweichen können. Die Verbreitung der Linden-Arten ist circumpolar, doch in klimatischer Hinsicht ziemlich eng abgegrenzt. Alle lebenden Arten sind auf Europa, den Mittelstrich von Asien und den Osten von Nord-Amerika beschränkt.

In der Flora der Kreide-Epoche ist die Gattung *Tilia* noch nicht nachgewiesen, wohl aber erscheint sie im Miocän von Spitzbergen und von Nord-Amerika vertreten. In Europa kennt man sie erst vom oberen Miocän an und während der glacialen Epoche waren Linden neben den Buchen und Fichten häufig in Mittel-Europa.

Nach dem Blüthenbau unterscheidet man zwei Arten-Gruppen, die der *europaea* u. die der *americana* L.

Es giebt zwei deutsche Arten, die kleinblätterige und die grossblätterige Linde, die LINNÉ unter dem Namen *T. europaea* zusammenfasste, nahe Verwandte, die aber in Blattbildung, Blüthenstand und Blüthezeit abweichen. Die Linden bilden in Deutschland keine geschlossenen Bestände, sondern finden sich meist nur in Wäldern eingesprengt, besonders an lichten Stellen. Im westlichen Russland in gemässigtem Klimà giebt es noch grosse Lindenwälder, namentlich in Esthland. In Scandinavien gehen Linden vereinzelt bis 62 und 63° nach Norden.

Die kleinblätterige Linde, *Tilia parvifolia* EHRH. *T. microphylla* WILLD. ist die Spätlinde mit 2—3 Wochen späterer Vegetation, kleineren, langgestielten Blättern, 5—7 blüthiger Trugdolde und kleinen undeutlich 4—5 kantigen Früchten. Die kleinblätterige Linde ist in Deutschland überall die gemeinere Art, häufig in Gebirgswäldern bis 844 Meter Meereshöhe. Sie reicht bis zum Kaukasus und durch die gemässigte Zone Sibiriens bis zum Amurland. Sie findet sich fossil im Kalktuff von Cannstadt.

Die grossblätterige Linde, *Tilia grandifolia* EHRH., *T. platyphyllos* SCOP., ist unsere Frühlinde. Blätter meist grösser und verhältnissmässig kürzer gestielt als bei voriger Art. Trugdolde 2—3 blüthig. Fruchtkapsel dickwandiger, deutlich 4—5 rippig. Die grossblätterige Linde findet sich in Deutschland etwas spärlicher und geht hier in Gebirgswäldern bis 1000 Meter Meereshöhe. Fossil kennt man sie im Kalktuff der Gegend von Weimar.

Die Vorfahren dieser beiden nur wenig von einander abweichenden Linden-Arten erscheinen in Europa zuerst im oberen Miocän. Hierher gehört *Tilia Mastaiana* MASS. aus der obermiocänen Pflanzen-Lagerstätte zu Sinigaglia in Italien. Man kennt von ihr das Deckblatt mit dem Fruchtstand und einzelne Blätter. Mit dieser nahe verwandt oder identisch ist *T. vindobonensis* aus dem derselben Epoche angehörigen vulkanischen Tuff von Szanto in Ungarn.

Die Gruppe der amerikanischen Linden weicht etwas im Bau der Blüthe ab und ist besonders im Osten von Nord-Amerika verbreitet, aber auch im südöstlichen Europa noch durch eine Art vertreten. Hierher gehört namentlich *Tilia americana* L., *T. glabra*, VENT. Es ist ein hoher Baum von der Tracht der europäischen Linden, aber mit grösseren Blüthen und häufig auch grösseren Blättern als vorige. Die Blätter sind vorn zungenförmig abgesetzt und die Sägezähne des Randes langstachelspitzig. Diese amerikanische Linde reicht von Georgien bis Canada. Sie ist auch in Europa als Parkbaum eingeführt. Der älteste Vertreter dieser Artengruppe ist *Tilia Malmgreni* HEER aus dem Miocän von Spitzbergen. Es ist eine grossblätterige Art und ähnelt der *T. americana* L. *Tilia antiqua* NEWB. aus der miocänen Flora von Fort Clarke im Westen von Nord-Amerika steht der heutigen amerikanischen *T. heterophylla* VENT. sehr nahe.

Die Gattung *Liquidambar* (Familie *Balsamifluae*, Ordn. *Saxifraginae)*, begreift Bäume und Sträucher mit abwechselnden meist gelappten Blättern. Blüthen- und Fruchtbildung ähnelt der der Weiden. Die Blüthen sind einhäusig und stehen meist in kugligen Kätzchen. Sie haben kein Perigon. Die Frucht ist eine zweiklappige Kapsel und eine grössere Anzahl derselben stehen in einem kugeligen zapfenartigen Fruchtstande zusammen. Mehrere Arten dieser Gattung sind heute in der gemässigten und der warmen Zone der nördlichen Halbkugel verbreitet. Fossil kennt man andere Arten besonders aus miocänen Lagerstätten von Europa. Die Gattung ist aber auch schon in der Dacota-Gruppe von Nord-Amerika und im Miocän von Grönland vertreten. Sie ist also mit *Sequoia Taxodium, Liriodendron* und zahlreichen anderen Gattungen von der Nordpolarregion

ausgegangen und hat sich von da aus in verschiedenen Radien in niedere Breiten zerstreut. In Europa ist sie der klimatischen Abkühlung erlegen.

Liquidambar styraciflua L. ist ein 10—20 Meter hoher Baum im östlichen Theile von Nord-Amerika. Die Blätter sind handförmig getheilt, fünflappig, auch wohl siebenlappig, mit eirund-lanzettlichen zugespitzten, am Rande ungleich eingesägten Zipfeln, am Grunde herzförmig, langgestielt. Nervation handförmig. Die Blüthenkätzchen sind kugelig und gipfelständig, die männlichen Kätzchen traubig gestellt, die weiblichen einzeln und hängend. Die reifen Fruchtkätzchen sind von der Grösse einer Wälschnuss. Die Kapseln enthalten meist nur wenige ausgebildete Samen neben vielen fehlgeschlagenen.

Der nordamerikanische Liquidambar-Baum ist im östlichen Nord-Amerika einheimisch und bildet Theile von Wäldern an feuchten sumpfigen Stellen, Ufern der Bäche und Flüsse. Er geht nördlich bis jenseits Boston (43° nördl. Br.), findet sich auch in Virginien, Florida, Louisiana und wiederholt sich im Hochland von Mexiko in 1100—1700 Meter Meereshöhe. Er ist auch in Mitteldeutschland als Parkbaum eingebürgert und gedeiht hier noch gut. *L. styraciflua* ist fossil nachgewiesen im Lehm von Fort Hudson am Mississippi in 30 Meter Tiefe zusammen mit *Cupressus thyoides*.

Mehrere *Liquidambar*-Arten finden sich im wärmeren Asien. *L. orientalis* MILL. in Persien und Kleinasien, auch eingeführt auf Cypern, eine zweite Art in Japan, eine dritte auf Java.

Die Gattung *Liquidambar* taucht zuerst in der Kreide-Epoche auf. Aus der Dacota-group oder oberen Kreide-Stufe des Westens von Nord-Amerika kennt man eine Art, *Liq. integrifolium* LESQ., die dem heutigen amerikanischen Liquidambar-Baum bereits nahesteht. In der Miocän-Epoche erscheint *Liquidambar* in der Wald-Flora von Grönland, zu derselben Zeit auch über ganz Europa — namentlich Deutschland, Ungarn und Italien — in einer grösseren Anzahl von Arten verbreitet. Man kennt Blätter und Fruchtkätzchen.

Der lebenden amerikanischen Art sehr nahe steht *Liqu. europaeum* AL. BRAUN, Die Blattlappen sind schmäler und ihre Zipfel länger. Sie ist durch Blätter und Fruchtstände nicht selten im obermiocänen Mergelschiefer von Oeningen vertreten. Zu Parschlug in Steiermark ist sie sehr häufig und war hier in der Wald-Vegetation vorherrschend. Sie findet sich auch in der Blätterkohle von Salzhausen und im Gelbeisenstein von Rockenberg in der Wetterau, sowie im Gyps von Sinigaglia in Italien.

Eine etwas andere Blattform zeigt *Liqu. protensum* UNG. Bei dieser Art ist das Blatt ebenfalls fünflappig, aber die Lappen sind abgerundet zugespitzt, der Mittellappen verlängert und noch in zwei Nebenlappen ausgezogen. Sie findet sich in den miocänen Braunkohlengebilden von Parschlug und Salzhausen.

Obschon wir aus der sehr grossen Zahl der fossil vertretenen Dicotyledonen-Gattungen nur etwas über ein Dutzend näher erörtert haben, geht doch schon aus einem Rückblick auf die geologisch-geographische Verbreitung derselben zu Genüge hervor, dass ein grosser Betrag der heutigen Flora der Dicotyledonen, namentlich aber der Amentaceen, offenbar als nordpolaren Ursprunges gelten muss, gleichviel ob die Nordpolar-Region jener Zeiten ein Festland oder wie heute ein von Festländern und grossen Inseln umgebenes Meeresbecken war. Die Ausstrahlung der in der Nordpolar-Region entstandenen neuen Arten und Gattungen kann dabei nach den Längengraden in einfachen Radien gedacht werden, verlief aber wohl meist in vielfach abgelenkten Linien, die nicht leicht mehr zu ermitteln sind, aber nach der Configuration von Festland und Gebirgen

sich hin und wieder noch errathen lassen. In allen diesen Einzelheiten stehen wir erst am Anfang der Lösung.

Nordpolaren Ursprunges sind namentlich die Gattungen *Betula* (Birke), *Alnus* (Erle), *Corylus* (Haselnuss), *Fagus* (Buche), *Castanea* (Kastanie), *Quercus* (Eiche), *Juglans* (Wälschnuss), *Salix* (Weide), *Populus* (Pappel), *Sassafras*, *Liriodendron* (Tulpenbaum), *Tilia* (Linde) und *Liquidambar*. Auch die erloschene, bisher nur aus der mittleren und der oberen Stufe der Kreide-Formation bekannt gewordene Gattung *Credneria* kann als nordpolaren Ursprunges genommen werden.

Andere Gattungen bleiben betreffs der Ursprungsstätte einstweilen noch im Dunkeln. So die Casuarinen und die Piperaceen. Sie sind vielleicht Erzeugnisse der Tropen. Der Ursprung des grössten Theiles der tropischen Dicotyledonen-Flora muss überhaupt noch fraglich bleiben.

Noch ganz ungelöst ist die Frage, ob Dicotyledonen-Gattungen in der antarktischen Region entstanden sind, es scheint aber bis jetzt, dass sie zu verneinen sein wird.

Die jüngste baumlose, aber an niederen Stauden reiche Glacial-Flora des arktischen Polargebietes mag meist pliocänen Ursprungs sein, aber pliocäne Pflanzenlager sind aus jenem Gebiet noch nicht bekannt geworden. Während der europäischen Glacial-Epoche drang jene jüngste arktische Flora weit nach Süden vor, namentlich zu den Alpen, deren höchste Vegetationszone sie jetzt noch einnimmt. Aus ihr kennt man in quartären Schichten von Mittel-Europa eine Anzahl von Arten, wie *Betula nana* L., *Salix polaris* WAHL., *S. herbacea* L., *S. reticulata* L., *Dryas octopetala* L. u. a.

Aber nicht alle heutigen Pflanzen-Arten der glacialen Höhenzone der Alpen und anderer Hochgebirge sind quartär-arktische Einwanderer. Manche wie z. B. die sogen. Alpenrose, *Rhododendron ferrugineum* L. fehlen der arktischen Glacial-Flora und von ihnen darf man annehmen, dass sie im Verlaufe der pliocänen Epoche aus anderen Arten derselben Gattung durch Anpassung an die Lebens-Bedingungen der Hochgebirgsgipfel hervorgingen, die denen der polaren Eis-Region nahezu gleichkommen. Die glacialen Hochgebirgs-Floren bestehen also aus ortseingesessenen und aus später hinzugewanderten arktischen Glacial-Pflanzen.

Vergl. F. UNGER. Geologie der europäischen Waldbäume. 1869. (naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark. Bd. III. Heft I. A. ENGLER. Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. I. Thl. 1879.—II. Thl. 1882. G. von SAPORTA. Die Pflanzenwelt vor dem Erscheinen des Menschen. 1881.

Phosphate

von

Professor Dr. **Kenngott**.

Unter den Säuren, welche mit sogen. Basen in Verbindung eine reiche Anzahl von Mineralarten bilden, ist nächst der Kiesel-, Schwefel- und Kohlensäure die Phosphorsäure von grosser Bedeutung, insofern sie zahlreiche Minerale bildet und solche z. Th. in beachtenswerther Verbreitung vorkommen, und insofern diese Säure auch für die Organismen, wie z. B. für die Bildung der Knochen von grosser Bedeutung ist. Eigenthümlich ist aber bei der weiten Verbreitung von Phosphaten die Thatsache, dass solche sehr selten massenhaft auftreten, keine Gesteinsarten bildende Minerale sind, wenn auch in Gesteinsarten Phosphate als Uebergemengtheile vorkommen, wie z. B. der Apatit in sehr verschiedenen.

Die Verbindungsweise der Phosphate ist im Allgemeinen eine mannigfaltige, indem in einzelnen das Phosphorsäureanhydrid, das Phosphorpentoxyd P_2O_5 mit Basen vorkommt, z. Th. auch gleichzeitig mit Fluoriden oder Chloriden, in vielen, den wasserhaltigen Phosphaten (wie einige schon bei den Malachiten erwähnt wurden), die Ortho-, Pyro- und Metaphosphorsäure zugleich mit Hydraten oder anderen Verbindungen enthalten ist. Sie sind meist krystallinische Species, manche darunter mikrokrystallinisch, nur wenige dicht. Als Beispiele von Phosphaten sind folgende anzuführen:

(Min. 230.)

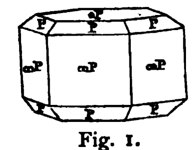


Fig. 1.

Der Apatit, unstreitig die am häufigsten vorkommende Species, welche meist krystallisirt, bisweilen dicht bis erdig vorkommt. Er krystallisirt hexagonal, dabei auch pyramidal-hemiedrisch. Die eingewachsen und aufgewachsen vorkommenden Krystalle sind vorherrschend prismatisch bis dicktafelartig, zeigen immer das normale Prisma ∞P, woran die Basisflächen oP allein oder oft noch mit der als Grundgestalt gewählten Pyramide P vorkommen, welche die Combinationskanten zwischen ∞P und oP abstumpft (Fig. 1). Die Endkanten von P sind = 142° 20′, die Seitenkanten = 80° 25′, doch schwanken die Winkel ein wenig bei verschiedenen Vorkommnissen. Ausserdem finden sich in den verschiedenen, bisweilen sehr flächenreichen Combinationen das diagonale Prisma ∞P2, noch andere normale Pyramiden, wie $\frac{1}{2}$P, $\frac{2}{3}$P, 2P und 3P, diagonale Pyramiden, wie P2, 2P2 und 4P2, auch die Flächen dodekagonaler Pyramiden (wie 3P$\frac{3}{2}$, 2P$\frac{4}{3}$, 4P$\frac{4}{3}$) und dodekagonaler Prismen (wie ∞P$\frac{3}{2}$, ∞P$\frac{5}{4}$), doch die dodekagonalen Gestalten in der Regel pyramidal-hemiedrisch. Selten fehlt oP. Die Prismenflächen ∞P und ∞P2 sind oft vertikal gestreift. Die Krystalle sind bisweilen gross (eingewachsene selbst mehrere Fuss lang bis mikroskopisch klein), gewöhnlich die grossen eingewachsenen an den Kanten und Ecken abgerundet, bilden undeutlich begrenzt undividualisirte Massen bis rundliche Körner, als solche auch, aber selten, körnige Aggregate. Selten ist er feinfasrig (dabei knollig und stalaktitisch traubig, nierenförmig), dicht bis erdig.

Er ist unvollkommen spaltbar parallel oP und ∞P, hat muschligen, unebenen, auch splittrigen (der fasrige und dichte) Bruch. Er ist farblos bis weiss oder grau, auch blau, grün, gelb, roth oder braun gefärbt, glasglänzend, auf Bruch- und Spaltungsflächen bis wachsartig, durchsichtig bis undurchsichtig, spröde, hat H. = 5,0 und spec. Gew. = 3,1—3,24, phosphorescirt oft durch Erhitzen.

Der Apatit besteht wesentlich aus phosphorsaurer Kalkerde und Fluorcalcium entsprechend der Formel $3(3CaO \cdot P_2O_5) + CaF_2$ mit 42,26% Phosphorsäure, 50,00 Kalkerde, 3,97 Calcium und 3,77 Fluor oder mit 92,26 phosphorsaurer Kalkerde und 7,74 Fluorcalcium, doch ist meist etwas Chlorcalcium als Stellvertreter für Fluorcalcium neben diesem gefunden worden, dessen Menge jedoch gewöhnlich gering bis zu Spuren herabsinkt. Ein Chlorapatit, dessen Formel $3(3CaO \cdot P_2O_5) + CaCl_2$ 40,93% Phosphorsäure, 48,42 Kalkerde, 3,84 Calcium, 6,80 Chlor oder 89,35 phosphorsaure Kalkerde und 10,64 Chlorcalcium erfordern würde, ist bis jetzt nicht gefunden worden. Immerhin scheint der wechselnde Gehalt an Chlor geringe Differenzen in den Kantenwinkeln zu bedingen. Andere noch in geringer Menge vorkommende Stoffe, wie z. B. Eisenoxyd, sind die Folge von Beimengungen. V. d. L. sind dünne Splitter nur schwer schmelzbar, mit Phosphorsalz giebt er ein klares Glas, welches bei ausreichender Menge Apatit kalt unklar wird. Wird das mit Schwefelsäure be-

feuchtete Pulver im Oehre des Platindrahtes geglüht, so färbt sich die Flamme durch die Phosphorsäure bläulichgrün. Die Reaction auf Chlor ergiebt sich beim Zusammenschmelzen mit Phosphorsalz und Kupferoxyd, die auf Fluor beim Schmelzen mit Phosphorsalz im Glasrohre oder bei der Lösung in Schwefelsäure. In Salzsäure und in Salpetersäure ist er löslich; wird die Lösung mit Schwefelsäure versetzt, so scheidet sich Gyps aus. Krystalle zeigen bisweilen an der Oberfläche eine matte weisse Rinde in Folge von Zersetzung, die sich auch tiefer erstreckt.

Der Apatit wurde früher mit anderen Mineralen, wie mit Beryll und Turmalin verwechselt und erst 1776 durch v. Born als eigene Art erkannt, wesshalb ihm Werner den Namen Apatit (Trügling) gab, entlehnt von dem griechischen »apataein« täuschen. Er findet sich sehr häufig, besonders mannigfaltig krystallisirt in Drusen, Nestern, Klüften und auf Gängen und Lagern, als Uebergemengtheil in den meisten massigen und schiefrigen krystallinischen Silicatgesteinen, oft nur mikroskopisch kleine Krystalle bildend, daher nur einzelne Vorkommnisse als Beispiele anzuführen sind, wie im Erzgebirge, im Gotthardgebiet, im Tavetschthale in Graubünden, in Wallis in der Schweiz, in Cornwall in England, im Zillerthale, Floitenthale und Sulzbachthale in Tyrol, zu Arendal, Snarum und Krageroë in Norwegen, bei Jumilla in Murcia und am Caba de Gata in Spanien, Sludianka in Transbaikalien, Hammond in New-York, Hurdstown in New-Jersey, South-Bourgess und Elmsley (wo er als krystallinisch-körniger, blaulich-grüner ein 3 Meter dickes Lager bildet) und in Ottawa-County in Canada (wo bis mehrere Centner schwere Krystalle gefunden wurden).

Phosphorit wurde von Werner ein blumigstrahliges bis fasriges, auch etwas schaliges, z. Thl. erdiges, mattes Vorkommen von Logrosan, südwestlich von Truxillo in Spanien genannt, welches sehr stark phosphorescirt und in Zersetzung begriffen ist, dem ähnliche Gebilde, besonders schöne bei Staffel, unweit Limburg an der Lahn in Nassau, als eigene Species Staffelit unterschieden, sowie dichte und erdige, wie der sogen. Osteolith von Ostheim in der Wetterau u. a. O. sind vom Apatit getrennt worden, weil sie nicht genau zu der Formel des Apatit führen, was wesentlich darin seinen Grund hat, dass sie nicht rein und zum Theil zersetzt sind. Derartige Phosphorite, denen sich Concretionen phosphorsaurer Kalkerde in Kreide, Kalksteinen und Sandsteinen anschliessen, wozu auch die zinnoberhaltigen Concretionen von Idria in Krain gehören, die man irrthümlich als Korallenerz dem Zinnober anreihte, bis zu den sogen. Koprolithen, fossilen Excrementen in der Juraformation, die von Fischeidechsen herstammen sollen, enthalten wesentlich Kalkerdephosphat und werden wie Apatit selbst als Dungmittel verwendet.

Der Pyromorphit, isomorph mit Apatit, gewöhnlich krystallisirt das hexagonale normale Prisma ∞P mit der als Grundgestalt gewählten Pyramide P (deren Endkanten $= 142° 12'$ und Seitenkanten $= 80° 44'$ sind oder auch geringe Schwankungen zeigen) Fig. 2, oder mit der Basis oP in Combination darstellend, wozu auch noch andere Gestalten ähnlich wie bei dem Apatit kommen, doch nicht so mannigfach und reichlich wie bei diesem. Die in Drusenräumen, auf Klüften und in Gängen aufgewachsenen Krystalle sind gewöhnlich klein bis sehr klein, vorherrschend prismatisch, in der Mitte oft dicker, bauchig, spindel- oder fassförmig, an der Basis bisweilen vertieft oder ausgehölt, auch polysynthetische Krystalle bildend, bilden krystallinische Ueberzüge, durch centrische Gruppirung nierenförmige bis traubige und zapfenförmige Gestalten mit stengliger bis

fasriger Absonderung. Ausserdem findet er sich körnig, derb bis eingesprengt. Spaltbarkeit sehr unvollkommen bis in Spuren nach P und ∞ P. Bruch muschlig bis uneben. Der Pyromorphit ist fast immer gefärbt (sehr selten farblos bis grau), gewöhnlich grün, gelblich-grün bis gelb, braun, selbst roth, worauf sich die Namen Grünbleierz, Braunbleierz, Buntbleierz und Polychrom beziehen, hat wachs-, bisweilen glasartigen Glanz, ist mehr oder weniger durchscheinend, sehr selten durchsichtig, hat weissen oder sehr wenig gefärbten Strich, ist wenig spröde, hat H. = 3, 5—4,0 und spec. Gew. = 6,9—7,1. Die Zusammensetzung ist analog der des Apatit, entsprechend der Formel $3(3PbO \cdot P_2O_5) + PbCl_2$ mit 73,7 Bleioxyd, 16,0 Phosphorsäure und 10,3 Chlorblei, auch wird bisweilen etwas Phosphorsäure durch Arsensäure, Bleioxyd durch Kalkerde und Chlorblei durch Fluorcalcium ersetzt. V. d. L. schmilzt er sehr leicht auf der Kohle und erstarrt unter Aufglühen zu einem polyedrischen krystallinischen Korne, worauf sich der aus »pyr« Feuer und »morphe« Gestalt gebildete Name Pyromorphit bezieht, giebt Bleioxydbeschlag und mit Soda Bleikörnchen. Mit Borax und Eisendraht giebt er Phosphoreisen und Blei. Er ist in Salpetersäure löslich und aus der Lösung scheidet sich bei Zusatz von Silberlösung Chlorsilber aus.

(Min. 231.)

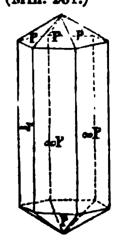


Fig. 2.

Interessant ist die Umwandelung in Galenit, welche Pseudokrystalle Blaubleierz genannt wurden und sehr schön bei Bernkastel an der Mosel, Zschopau in Sachsen und Poullaouen in der Bretagne vorkommen, sogar zu einer eigenen Species führten, welche BREITHAUPT Sexangulit oder Plumbëin nannte, indem er sie für hexagonal krystallisirendes Schwefelblei PbS hielt.

Der Pyromorphit findet sich nicht selten, meist auf Galenit führenden Gängen, durch dessen Zersetzung er in den meisten Fällen entstanden zu sein scheint und wird, wenn er reichlich vorkommt, zur Gewinnung des Blei benützt. Als Fundorte sind beispielsweise zu nennen: Freiberg und Zschopau in Sachsen, Przibram, Mies und Bleistadt in Böhmen, Braubach und Ems in Nassau, Schapbach in Baden, Zellerfeld am Harz, Poullaouen in Frankreich, Beresowsk am Ural, Phönixville und Philadelphia in Pennsylvanien. Der Polysphärit von Freiberg in Sachsen und der Miesit von Mies in Böhmen wurden als braune bis graue nierenförmige bis traubige Vorkommnisse wegen eines nicht unbedeutenden Gehaltes an Kalkerde vom Pyromorphit getrennt.

Als Fluor enthaltende Phosphate sind noch in Kürze zu nennen: der Triplit und Zwieselit, welche beide gleich zusammengesetzt erscheinen, nach der Formel $3RO \cdot P_2O_5 + RF_2$, wobei R Eisen und Mangan ausdrückt, im Zwieselit weniger Mangan enthalten ist. Sie finden sich nur in röthlich- bis schwärzlich-braunen individualisirten Massen, deren Spaltungsflächen nicht übereinstimmen, um sie vereinigen zu können. Der seltene klinorhombische Wagnerit von Werfen in Salzburg, welcher der Formel $3MgO \cdot P_2O_5 + MgF_2$ entspricht und der interessante anorthische Amblygonit, welcher nach der Formel $Al_2O_3 \cdot P_2O_5 + 2\,(LiF)$ zusammengesetzt ist.

Andere wasserfreie Phosphate, aber ohne Fluorgehalt sind selten und von spärlichem Vorkommen, dagegen z. Thl. gut krystallisirt, wie der quadratische mit Rutil isomorphe Xenotim, $Y_2O_3 \cdot P_2O_5$, welcher bei Hitteroë in Norwegen, Ytterby in Schweden, Schreiberhau im Riesengebirge und bei Königshain unweit Görlitz vorkommend eingewachsene und in den Goldwäschen von Clarksville in Georgien lose Krystalle bildet, die die Grundgestalt P (124° 36', 82° 10') mit

dem Prisma ∞ P zeigen, während in der Schweiz am Berge Fibia in der St. Gotthardgruppe, im Tavetsch- und im Binnenthale aufgewachsene Krystalle vorkommen. Diese haben bei gelber bis brauner Farbe Aehnlichkeit mit Anatas, besonders wenn sie wie die im Binnenthale noch andere Gestalten in Combination zeigen. Der schweizerische wurde früher Wiserin genannt, bevor seine Zusammensetzung bekannt war.

Der Monazit, wesentlich $3CeO \cdot P_2O_5$ mit stellvertretendem Lanthan- und Thoroxyd, krystallisirt klinorhombisch, meist dicktafelige Krystalle bildend durch die vorherrschenden Querflächen in Verbindung mit dem Prisma ∞ P (93° 23'), dem vorderen und hinteren Querhemidoma P $\bar{\infty}$ und P' $\bar{\infty}$ (jenes gegen die Querflächen unter 140° 44', dieses unter 126° 15' geneigt), den Längsflächen und dem Längsdoma P $\breve{\infty}$ (96° 18'), vollkommen spaltbar parallel den Basisflächen, weniger vollkommen parallel den Querflächen (beide mit einander die Winkel 76° 14' und 103° 46' bildend). Er ist gewöhnlich röthlich-braun, hyazinth- bis fleischroth gefärbt, wachsglänzend und kantendurchscheinend, hat H. = 5,0 bis 5,5 und spec. Gew. = 4,9—5,25. Er findet sich z. B. eingewachsen in Granit bei Miask am Ural, bei Nöteroë in Norwegen, Norwich und Chester in Connecticut, Schreiberhau im Riesengebirge. Zu ihm gehört auch der aufgewachsene Krystalle bildende Turnerit vom Berge Sorel im Dauphiné, der auch im Tavetsch-, Cornera-, Maderaner- und Binnenthale in der Schweiz vorkommt, olivengrün bis honiggelb und stark glänzend.

Der Triphylin von Bodenmais in Bayern, Norwich in Massachusets, Grafton in New-Hampshire, von Ketyoë im Kirchspiel Tammela in Finnland (dieser Tetraphylin genannt), fand sich bis jetzt nur derb in individualisirten Massen und grosskörnigen Aggregaten, welche vollkommen spaltbar sind parallel den Basisflächen, unvollkommen parallel dem orthorhombischen Prisma ∞ P (133°) und den Längsflächen. Er ist grünlich-grau, blau gefleckt, wachsglänzend, kantendurchscheinend, hat H. = 4,0—5,0 und spec. Gew. = 3,5—3,6 und wird durch Verwitterung braun und undurchsichtig, den sogen. Pseudotriplit bildend. V. d. L. schmilzt er, anfangs zerknisternd, sehr leicht und ruhig zu einer dunkelgrauen magnetischen Perle, die Flamme bläulich-grün färbend, bisweilen auch röthlich, ist löslich in Salzsäure und wenn die Lösung abgedampft, der Rückstand mit Alkohol digerirt wird, so verbrennt der letztere mit purpurrother Flamme in Folge des Lithiongehaltes. Der Triphylin ist wesentlich $2(3FeO \cdot P_2O_5) + 3Li_2O \cdot P_2O_5$, enthält auch stellvertretend besonders Manganoxydul, im Anschluss an den Lithiophilit von Branchville in Fairfield County in Connecticut, welcher nach derselben Formel zusammengesetzt wesentlich MnO enthält und gleichfalls in ähnlicher Weise wie der Triphylin vorkommt.

Weitaus zahlreichere Species bilden die wasserhaltigen Phosphate, bei denen die thonerdehaltigen durch ihre Mannigfaltigkeit obenan stehen.

Der Kallait, dicht, derb bis eingesprengt, in Trümern und Adern, stalaktitisch nierenförmig bis traubig, als Ueberzug, bisweilen als Geschiebe vorkommend, hat muschligen bis unebenen Bruch, ist meist grün (span-, pistacien-, berg- bis apfelgrün) oder himmelblau gefärbt (der sogen. Türkis), wenig wachsartig glänzend bis matt, kantendurchscheinend bis undurchsichtig, hat grünlich- oder blaulichweissen bis weissen Strich, ist wenig spröde, hat H. = 6,0 und spec. Gew. = 2,6—2,8. Ist nach der Formel $2(H_2O \cdot Al_2O_3) + 3H_2O \cdot P_2O_5$ zusammengesetzt mit 46,9% Thonerde, 32,5 Phosphorsäure und 20,6 Wasser und enthält geringe Mengen von Eisen- und Kupferverbindungen als Beimengungen, wodurch die

grünen und blauen Farben bedingt werden. In Säuren ist er löslich; im Kolben erhitzt giebt er heftig zerknisternd Wasser und wird schwarz oder braun; ist v. d. L. unschmelzbar, die Flamme schwach grün färbend, zeigt mit Borax oder Phosphorsalz zu klarem Glase schmelzbar die Reaction auf Eisen oder Kupfer.

Der blaue, Türkis genannte (nicht zu verwechseln mit dem Zahn- oder Beintürkis, blau gefärbten fossilen Elfenbein oder Knochen), ist als Schmuckstein seit alten Zeiten sehr geschätzt, findet sich in Kieselschiefer oder als Geschiebe zwischen Mesched und Nichabur nordwestlich von Herat in der persischen Provinz Khorosan, auf Klüften in Porphyr im Megarahthal auf der Halbinsel Sinai, am Mosesbrunnen in Arabien. Der grüne (von den alten Mexikanern Calchihuitl genannt und als Schmuckstein sehr geschätzt), in von Porphyren durchsetzten Quarzsandsteinen der Kegelberge, los Cerillos genannt, in Mexiko reichlich auf Klüften von Kieselschiefer zwischen Steine und Jordansmühl in Schlesien, bei Oelsnitz in Sachsen. Dem grünen Kallait verwandt ist der als Schmuckstein verarbeitete und in einem keltischen Grabe zu Mané-er-H'rook in Lookmariaques in der Bretagne gefundene Kallais, welcher der Formel $H_2O \cdot Al_2O_3 + 3H_2O \cdot P_2O_5$ entspricht und es scheint damit der sogen. apfelgrüne Variscit in Kieselschiefer von Messbach bei Plauen im Voigtlande identisch zu sein.

Auf die später zu erwähnenden Eisenverbindungen hinweisend ist der Barrandit von Cerhovic in Böhmen zu erwähnen, welcher auf Klüften eines silurischen Sandsteines vorkommend, kugelige bis traubige Gestalten mit radial-stengliger bis fasriger, auch concentrisch-schaliger Absonderung bildet, hellblau, röthlich-, grünlich- und gelblich-grau, durchscheinend, schwach wachsglänzend bis matt ist und der Formel des Kallais entsprechend zur Hälfte Eisenoxyd anstatt Thonerde enthält. — Auch der span- bis olivengrüne Planerit, traubige, versteckt fasrige Ueberzüge auf Klüften zerfressenen Quarzes bei Gumeschewsk am Ural bildend, ist dem Kallait und Kallais verwandt, indem er der Formel $3(H_2O \cdot Al_2O_3) + 2(3H_2O \cdot P_2O_5)$ entsprechend zusammengesetzt durch Eisen und Kupferverbindungen gefärbt ist, sowie der milchweisse bis himmelblaue Cäruleolactin von Katzenellenbogen in Nassau.

Der Wavellit, orthorhombisch, selten deutliche kleine prismatische Krystalle bildend, ∞P (126° 25) mit den Längsflächen und einem Querdoma $P\bar{\infty}$ (106° 46'), gewöhnlich radial-dünnstenglig bis fasrig, zu kugligen bis nierenförmigen Gestalten mit drusiger Oberfläche oder auf Klüften sternförmig ausgebreitet mit bis 3 Centim. langen Individuen, spaltbar parallel ∞P und $P\bar{\infty}$, farblos, weiss, grau, gelb, grün oder blau, glasglänzend, mehr oder weniger durchscheinend, spröde, mit H. = 3,5—4,0 und spec. Gew. = 2,3—2,5. Er entspricht der Formel $3(H_2O \cdot Al_2O_3) + 2(5H_2O \cdot P_2O_5)$ mit 37,2 % Thonerde, 34,4 Phosphorsäure und 28,4 Wasser, bisweilen etwas Fluor enthaltend. Im Kolben erhitzt giebt er Wasser, ist v. d. L. ein wenig anschwellend unschmelzbar, die Flamme schwach bläulich-grün färbend, auf Kohle weiss werdend und mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht schön blau (die Thonerde anzeigend). In Säuren und in Kalilauge ist er löslich.

Er findet sich nicht selten und besonders auf Klüften von Kieselschiefer und Sandstein, wie zu Langstriegis bei Frankenberg in Sachsen, Cerhovic bei Beraun in Böhmen, am Dünstberg bei Giessen und bei Waldgirmes in Hessen, bei Staffel in Nassau in Phosphorit, bei Amberg in Bayern, Barnstaple in Devonshire, Montebras in Frankreich, Steamboat in Pennsylvanien u. s. w. vor.

Von den verschiedenen anderen wasserhaltigen Thonerdephosphaten sind

noch der orthorhombische grüne Fischerit $3H_2O \cdot 2Al_2O_3 + 5H_2O \cdot P_2O_5$ und der grüne bis weisse orthorhombische Peganit von Langstriegis bei Frankenberg in Sachsen anzuführen.

Wie schon oben bemerkt wurde, hat die Häufigkeit des Vorkommens der Phosphate einen unverkennbaren Einfluss auf die Thier- und Pflanzenwelt, insofern die Organismen ihren Bedarf an Phosphorsäure aus den mineralischen Phosphaten beziehen, es ist desshalb auch in umgekehrten Sinne von Interesse anzuführen, dass schon BREITHAUPT und später v. KLIPSTEIN auf Vorkommnisse des Wavellit aufmerksam machten, welche keinen Zweifel über die Entstehung durch organische, besonders thierische Ueberreste lassen. So zeigte v. KLIPSTEIN (nat. Ver. zu Giessen 1864, 135), dass an den zwei Localitäten im südlichen Hinterländergebirge, dem Dünstberg und dem Thiergarten im Waldgirmeser Wald sich alte Fortificationen finden und im Bereiche derselben, wo Menschen beerdigt wurden, sich der Wavellit findet. Besonders interessant ist das Vorkommen bei Dillenburg in Nassau. Im Jahre 1834 wurde in den alten, aus Eisenkieselfragmenten bestehenden Pingen der Eisensteingrube Hanstein auf der eisernen Hard, bei Oberscheld der Cadaver eines Pferdes verscharrt. Man fand nun dort beim Aufräumen der Haldenmasse ungefähr auf den Raum beschränkt, wo der Cadaver gelegen, die Eisenkieselfragmente mit einer 1—2 Centim. dicken Rinde von Wavellit bedeckt, die aus radial-nadelförmigen Kugeln und Büscheln zusammengesetzt ist, wodurch die Wavellitbildung durch die Zersetzung der Knochen des Cadavers bedingt wurde. Auch die bekannten Guanolager auf der Insel Sombrero und an anderen Orten führten zur Bildung verschiedener krystallisirter Phosphate, deren Geltung als Mineralspecien fraglich ist, wie bereits der erste Fund des sogen. Struvit, eines orthorhombisch krystallisirten, ausgezeichnet hemimorphen Phosphates $H_2O \cdot Am_2O + 2(H_2O \cdot MgO) + 3H_2O \cdot P_2O_5$ in einer aus Viehmist gebildeten Moorerde unter der Nicolaikirche in Hamburg nach dem bekannten grossen Brande zur Controverse über die Frage: Was ist Mineral-Species? führte (C. MARX, Zur Charakteristik des Struvits, Hamburg 1846, pag. 45). Er fand sich später unter ähnlichen Bedingungen entstanden an anderen Orten, so wie in Guano in den Scriptonhöhlen bei Ballarat in Australien und an den Küsten Afrikas, wesshalb er auch Guanit genannt wurde.

Der Vivianit, ein Beispiel wasserhaltiger Eisenphosphate, schön krystallisirt in Cornwall in England, bei Commentry und Cransac in Frankreich, Bodenmais und Amberg in Bayern, Starkenbach in Böhmen, Allentown in New-Jersey, Middletown in Delaware u. a. O. vorkommend, klinorhombisch und isomorph mit Erythrin, prismatische z. Th. flächenreiche Krystalle bildend und vollkommen nach den Längsflächen spaltbar. Ausser einzelnen oder gruppirten Krystallen bildet er kuglige bis nierenförmige Aggregate mit radial stengliger bis fasriger Absonderung, findet sich auch derb und eingesprengt, oft erdig. Er ist indigoblau bis schwärzlich- und bläulichgrau, (daher Blaueisenerz, der erdige Blaueisenerde genannt), doch ist er ursprünglich farblos bis weiss und wird an der Luft blau bis grau, ist glasglänzend, auf den Spaltungsflächen perlmutterartig, mehr oder weniger durchscheinend bis undurchsichtig, dünne Blättchen bis durchsichtig, milde, hat H. = 2,0 und spec. Gew. = 2,6—2,7. Er ist ursprünglich nach der Formel $3(H_2O \cdot FeO) + 5H_2O \cdot P_2O_5$ mit 43,1 Eisenoxydul, 28,3 Phosphorsäure und 28,6 Wasser zusammengesetzt, ergiebt aber bei der Analyse sehr wechselnde Mengen von Eisenoxydul und Eisenoxyd, welches durch die eingetretene Umwandlung entstanden ist, wodurch auch die Mengen der Phosphorsäure und des

Wassers beeinflusst werden. Im Kolben erhitzt giebt er reichlich Wasser, bläht sich auf und wird stellenweise grau und roth; in der Zange schmilzt er und färbt die Flamme bläulichgrün; auf Kohle brennt er sich roth und schmilzt zu einer grauen, glänzenden magnetischen Kugel. In Salz- und Salpetersäure ist er leicht löslich, durch heisse Kalilauge wird er schwarz.

Andere Eisenphosphate sind selten oder bilden nur untergeordnete Vorkommnisse, wie der dunkelgrüne Kraurit (auch Grüneisenerz und Dufrenit genannt), der meist stalaktitisch-traubig bis nierenförmig, im Inneren radial faserig ist, der Formel $2(H_2O \cdot Fe_2O_3) + H_2O \cdot P_2O_5$ entsprechend, der mikrokrystallische hyazinthrothe bis röthlichbraune Beraunit, $5(H_2O \cdot Fe_2O_3) + 3(3H_2O \cdot P_2O_5)$ und Eleonorit $3(H_2O \cdot Fe_2O_3) + 5H_2O \cdot 2P_2O_5$, der mikrokrystallische, fasrige, gelbe bis braune Kakoxen $3(3H_2O \cdot Fe_2O_3) + 2(5H_2O \cdot P_2O_5)$, der eigenthümlich pfirsichblüth- bis kermasinroth gefärbte, auch farblose Strengit, $H_2O \cdot Fe_2O_3 + 3H_2O \cdot P_2O_5$, welcher stalaktitisch-traubige bis nierenförmige, radialfasrige Aggregate, selten einzelne kleine orthorhombische Krystalle bildet und mit dem analogen Arseniat $H_2O \cdot Fe_2O_3 + 3H_2O \cdot As_2O_5$, dem Skorodit isomorph ist u. a. m.

Der Lazulith (auch Blauspath genannt), krystallisirt klinorhombisch und bildet spitze, klinorhombische Pyramiden, wie die sehr reichlich in Quarzit oder Itacolumit von Graves Mountain in Lincoln County in Georgia eingewachsenen Krystalle zeigen, bei denen die vordere und hintere Hemipyramide P (100° 20) und P' (99° 40') gleichmässig oder wenig different ausgebildet sind, zum Theil auch combinirt mit den Querhemidomen $P\bar{\infty}$ und $P'\bar{\infty}$, mit den Basis- und Längsflächen. Auch sind die Krystalle tafelartig durch die Basisflächen, oder scheinbar prismatisch durch die vorherrschende vordere Hemipyramide und bilden verschiedene Combinationen, wie bei dem Vorkommen vom Fressnitzgraben bei Krieglach und von der Fischbacher Alpe in Steiermark und vom Rädelgraben bei Werfen in Salzburg. Gewöhnlich findet sich der Lazulith derb bis eingesprengt, individualisirte Massen bis körnige Aggregate bildend. Er ist unvollkommen spaltbar parallel dem Prisma ∞P (91° 30') und hat unebenen bis splittrigen Bruch. Er ist meist blau (indigo-, berliner-, smalteblau) gefärbt bis bläulich-weiss, selten farblos, hat weissen Strich, ist glasglänzend bis matt, kantendurchscheinend, hat H. = 5,0—6,0 und spec. Gew. = 3,0—3,12. Er ist nach der Formel $MgO \cdot Al_2O_3 + H_2O \cdot P_2O_5$ oder $H_2MgAl_2O_5 \cdot P_2O_5$ zusammengesetzt und enthält stellvertretend für etwas Magnesia 1—10% Eisenoxydul, wodurch er weniger oder mehr blau gefärbt ist. Im Kolben erhitzt giebt er Wasser und entfärbt sich, wird mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau, schwillt v. d. L. auf der Kohle an, wird etwas blasig, ohne zu schmelzen, färbt die Flamme schwach grün; Säuren greifen ihn wenig an, lösen ihn aber nach dem Glühen fast vollständig.

Die beiden seltenen orthorombischen und isomorphen Species, der vorwaltend pyramidale Childrenit von Tavistock in Devonshire, St. Austell in Cornwall und von Hebron in Maine, und der vorwaltend prismatische Eosphorit von Branchville in Fairfield County in Connecticut haben auch zweierlei Basen, jener vorwaltend FeO, dieser MnO ausser Thonerde, Phosphorsäure und Wasser in dem Verhältnisse 2RO, $1Al_2O_3$, $1P_2O_5$ und $4H_2O$. Auch die beiden früher als eine Species Uranglimmer aufgefassten und nachher als zwei isomorphe, quadratische getrennten Species, der Chalkolith (Kupferuranit) und Uranit (Kalkuranit) mit vollkommener basischer Spaltbarkeit enthalten zweierlei Basen, jener 1 CuO, dieser 1 CaO mit $2U_2O_3$, $1P_2O_5$ und $8H_2O$. Später jedoch fand A. DES CLOIZEAUX, dass sie nicht isomorph sind, sondern nur der smaragd- bis

grasgrüne Chalkolith quadratisch krystallisirt, der Uranit dagegen orthorhombisch, immerhin in wenig von einander abweichenden Dimensionsverhältnissen. Bemerkenswerth ist auch das Vorkommen anderer verwandter, seltener Species, des Uranocircit mit BaO, des Fritzscheit mit MnO anstatt des CaO im Uranit und des quadratischen Zeunerit mit As_2O_5 anstatt P_2O_5 im Chalkolith und des Uranospinit mit As_2O_5 anstatt P_2O_5 im Uranit. Sie bilden eine durch den Gehalt an Uranoxyd, U_2O_3, interressante Gruppe, welches in neuester Zeit als UO_3 aufgefasst wird.

Physikalische Eigenschaften der Minerale

von

Prof. Dr. **Kenngott.**

Einzelne physikalische Eigenschaften sind allgemeine, andere nur auf einzelne Minerale beschränkt, ausserdem sind sie in der Weise verschieden, dass sie entweder immer an der Substanz beobachtet werden können, beständiges Eigenthum derselben sind oder dass sie durch eine von aussen wirkende Kraft oder Materie hervorgerufen werden. So sind die Cohäsionseigenschaften, das specifische Gewicht und der Magnetismus beständig mit der Substanz verbunden, während die optischen durch den Einfluss des Lichtes, die thermischen durch den Einfluss der Wärme, und die elektrischen durch äussere Einwirkung verschiedener Art hervorgerufen werden.

Bei der grossen Wichtigkeit einzelner für die Bestimmung der Minerale wurden bereits die Cohäsionseigenschaften (Band I, pag. 156), das specifische Gewicht (II, pag. 64) und die optischen Eigenschaften (II, pag. 470) besonders besprochen, während hier die anderen nur in Kürze angeführt werden, welche, selbst wenn sie specifische Eigenschaften der Minerale sind, entweder nur vereinzelt beobachtet werden oder als physikalische Eigenschaften der Stoffe überhaupt mehr physikalisches Interesse haben, weniger zur Bestimmung der Mineralarten dienen, und meist nur durch besondere physikalische Vorrichtungen beobachtet werden können.

Somit sind hier anzuführen:

I. Die thermischen Eigenschaften.

Bei der Annahme, dass die Wärme ähnlich dem Licht auf Aetherschwingungen beruht, oder dass gewisse für das Gefühl bemerkbare Erscheinungen durch Schwingungen der Materie bedingt sind, ist zunächst zu beobachten, dass

die Wärmestrahlung bei Mineralen in dem Sinne wahrgenommen werden kann, als die in einen Körper eindringenden Wärmestrahlen sich ähnlich wie die Lichtstrahlen verhalten; sie gehen durch Körper hindurch, werden theils reflectirt, theils absorbirt, sowie auch einfach oder doppelt gebrochen. Diese Erscheinungen sind höchst interessante physikalische und lassen sich nicht unmittelbar an Mineralen beobachten. Man nennt diatherman solche Körper, welche die Wärmestrahlen vollständig durchgehen lassen, wie das Steinsalz, adiatherman solche, welche sie nicht durchlassen, wie der Alaun und das Wasser. Dazwischen liegen die verschiedensten Abstufungen, wie zwischen den durchsichtigen und undurchsichtigen Mineralen. Die Durchsichtigkeit kommt hierbei nicht in Betracht, indem auch dunkle Körper, wie fast undurchsichtiger Rauchquarz, diatherman sind, durchsichtige, wie das Wasser adiatherman. Bei der Doppelbrechung der Wärme-

strahlen ist auch die Krystallgestalt von gleichem Einfluss, wie bei dem Licht, indem tesserale und amorphe Körper einfach brechende sind.

Die Wärmeleitung, welche sich durch das Gefühl oberflächig beurtheilen lässt und schon lange als verschiedene bei Mineralen durch das Anfühlen abgeschätzt wurde, beruht auf der Fortpflanzung der fühlbaren Wärme durch Körper, wodurch sich verschiedene Minerale bei gleicher äusserer Temperatur verschieden kalt anfühlen, wie abstufend Metalle und metallische Minerale, Silicate, Carbonate u. a. bis herab zu den Harzen, worauf jetzt kaum noch Rücksicht genommen wird. Bei genauen physikalischen Untersuchungen über die Wärmeleitung in Krystallen ergab sich auch hier wieder der durchgreifende Einfluss der Krystallsysteme.

Die Ausdehnung der Krystalle durch Erwärmung liess in ähnlicher Weise den Zusammenhang mit der Krystallform erkennen, indem tesserale Krystalle sich nach allen Richtungen gleichmässig ausdehnen, die Krystalle anderer Systeme ungleichmässig, nach gewissen mit den Achsen zusammenhängenden Richtungen verschieden, wobei auch wieder die quadratischen und hexagonalen darin übereinstimmen, dass sie in der Richtung der Hauptachse sich mehr oder weniger ausdehnen als in der Richtung senkrecht darauf, und dass in der letzten Richtung rundum um die Hauptachse die Ausdehnung eine gleichmässige ist. Durch solche Ausdehnung werden gewisse, wenn auch geringe Differenzen der Kantenwinkel bemerkbar. Es können sogar durch solchen Einfluss der Erwärmung bei Krystallen in ihrem natürlichen Vorkommen Veränderungen in den Moleculen hervorgerufen werden, wodurch z. Th. optische Anomalien hervorgerufen werden, ohne dass eine chemische Veränderung eintritt.

Durch Erwärmung oder Erhitzung wird auch Phosphorescenz und Elektricität hervorgerufen und schliesslich auch der Aggregatzustand verändert, Minerale schmelzen oder verdampfen, oder sie sind unschmelzbar. Wenn man auch in gewissem Sinne das Schmelzen und Verdampfen zu den thermischen Erscheinungen rechnen kann, durch dieses aber meist die chemische Untersuchung eingeleitet wird, so möge die Erwähnung hier genügen.

II. Die Elektricität.

Insofern bei den festen Mineralen wie bei anderen festen Körpern überhaupt durch eine äussere Einwirkung, wie durch Reibung oder Druck oder Erwärmung Elektricität erzeugt werden kann, ist das Elektrischwerden der Minerale eine allgemeine Erscheinung, welche jedoch auf die Unterscheidung der Arten meist einen geringen Einfluss hat, daher auch selten erwähnt wird. Bei der Erregung der Elektricität ist zu beachten, ob die zu untersuchenden Minerale Leiter oder Nichtleiter sind, und es ist im ersteren Falle nöthig, sie zu isoliren. Die erregte Elektricität ist entweder positiv oder negativ. Um sie wahrzunehmen, bedient man sich empfindlicher Elektroskope, weil sie meist bei einfacheren Versuchen eine schwache ist.

Zeigt jedoch die Elektricität einen Zusammenhang mit der Krystallgestalt, so wird sie für die bezüglichen Minerale eine wichtige Erscheinung, welche jedoch fast immer nur durch genaue physikalische Untersuchungen constatirt werden kann, in Betreff welcher auf die Physik verwiesen werden muss. Ausserdem sind ganz besonders die zahlreichen elektrischen Untersuchungen HANKEL's zu citiren, welche er in einer Reihe von Abhandlungen in den Abhandlungen der math.-phys. Klasse der kön.-sächs. Ges. der Wissenschaften seit 1857 bis zur

Gegenwart mittheilte. Die mit der Krystallisation in Zusammenhang stehenden elektrischen Erscheinungen der Mineralkrystalle zeigen sich bei Erwärmung oder Erhitzung, wesshalb diese Elektricität als Thermo- oder Pyro-Elektricität bezeichnet wird, die bezüglichen Minerale thermo- oder pyroelektrische genannt werden.

Die Krystalle der thermoelektrischen Minerale zeigen nun bisweilen die interessante Erscheinung entgegengesetzter Elektricitäten an entgegengesetzt liegenden Stellen der Krystalle, wonach diese Elektricität als polare bezeichnet wurde. Die entgegengesetzt liegenden Stellen werden die elektrischen Pole genannt. Die so durch Erwärmung erregten Elektricitäten wechseln bei der Abkühlung. Die polare Elektricität durch Erwärmung wurde zuerst an Turmalinkrystallen beobachtet, bei denen die Pole an den entgegengesetzten Enden der Hauptachse liegen, die demnach eine elektrische Achse haben. Bei anderen Krystallen giebt es auch mehr elektrische Achsen, wie z. B. am tesseralen Boracit, welcher vier elektrische Achsen hat, welche den vier trigonalen Zwischenachsen entsprechen. In der Regel hängt die polare Elektricität mit dem sogen. Hemimorphismus zusammen. — Auch die Leitungsfähigkeit der Elektricität in Krystallen zeigt ähnliche Verschiedenheit, wie die Fortpflanzung des Lichtes und der Wärme in Krystallen, wie besonders die Untersuchungen WIEDEMANN's (POGGEND. Ann. Bd. 76, pag. 77) gezeigt haben.

III. Der Magnetismus.

Derselbe, am Magneteisenerz (s. Bd. I, pag. 367) entdeckt, ist in seiner einfachsten Erscheinungsweise nur an mehreren eisenhaltigen Mineralen zu beobachten, indem diese, einer Magnetnadel genähert, dieselbe anziehen oder als Körnchen oder Pulver von einem Magnetstabe angezogen werden. Diese Einwirkung ist sehr verschieden stark bis äusserst schwach und solche magnetischen Minerale werden retractorisch-magnetisch genannt. Manches derbe Magneteisenerz wirkt auch an derselben Stelle auf einen Pol der Magnetnadel anziehend und auf den anderen abstossend, an der diametral entgegengesetzten Stelle für dieselben Pole umgekehrt, verhält sich wie ein Magnet, hat zwei entgegengesetzt liegende Pole (der natürliche Magnet). Eine solche Probe heisst attraktorisch-magnetisch, was ausser manchem Magneteisenerz auch, jedoch selten der Pyrrhotin oder Magneteisenkies, sowie manches eisenhaltige Platin zeigt. Manche Mineralproben werden magnetisch, wenn man sie glüht oder schmilzt.

Verschieden von solchen magnetischen Erscheinungen, die nur vereinzelt auftreten, ist der sogen. Diamagnetismus, indem nämlich FARADAY (POGG. Ann. 69, pag. 287) fand, dass ein an einem Coconfaden aufgehängtes Mineral, sowie andere feste Körper überhaupt, zwischen die Pole eines kräftigen Elektromagneten gebracht, eine bestimmte Stellung zwischen den beiden Polen annimmt. Diese eigenthümliche Stellung hängt sogar, wie die Untersuchungen von GRAILICH und v. LANG (Wien Akad. Sitzungsb. 32, pag. 43), PLÜCKER (POGG. Ann. 72, pag. 74) u. a. gezeigt haben, mit der systematischen Verschiedenheit der Krystalle zusammen, indem sich die tesseralen Krystalle anders verhalten als andere, die quadratischen und hexagonalen anders als die ortho-, klinorhombischen und anorthischen.

Andere auch zu den physikalischen Erscheinungen gerechnete Einwirkungen auf das Gefühl, den Geruch und Geschmack, welche manche Minerale

zeigen und mit Recht als physiologische-Merkmale bezeichnet werden, sind nur für die bezüglichen Minerale bezeichnend oder charakteristisch.

So zeigen Minerale beim Anfühlen oder Betasten mit den Fingern Unterschiede, wonach man sagt, dass sie sich seifenartig oder fettig (wie der Steatit und Graphit), dass sie sich mager (wie die Kreide) oder fein oder rauh oder glatt anfühlen. — Gewisse Minerale wie Naphtha, Asphalt, Ozokerit, Schwefel zeigen unmittelbar einen eigenthümlichen Geruch, andere beim Anschlagen mit dem Hammer oder beim Reiben wie Pyrit und Arsen, andere beim Anhauchen oder Befeuchten, wie Amphibol und Thon. — In Wasser lösliche Minerale endlich erregen mit der Zungenspitze berührt, einen eigenthümlichen Geschmack, wie das Steinsalz, der Salmiak, der Epsomit, Mirabilit, die Soda, der Nitrit, die Vitriole und Alaune, welcher nach der Empfindung als salzig, urinös, bitterlich, laugenhaft, kühlend, zusammenziehend, süsslich und ähnlich bezeichnet wird.

Pseudokrystalle

von

Prof. Dr. **Kenngott.**

Pseudokrystalle oder Pseudomorphosen werden im Allgemeinen diejenigen bei verschiedenen Mineralarten vorkommenden Krystalle genannt, deren krystallinische Gestalt nicht durch die Krystallisation der vorhandenen Substanz entstanden ist. So sind z. B. tesserale Krystalle, welche ihrer Substanz nach zum Malachit zu rechnen sind, Pseudokrystalle des Malachit. Die wirklichen Krystalle des Malachit sind klinorhombische, die Gestalten aber der tesseralen Pseudokrystalle des Malachit wurden durch eine andere Mineralsubstanz, Cuprit, gebildet, an Stelle dessen jetzt Malachit da ist. Der Cuprit, welcher ursprünglich die tesseralen Krystalle bildete, ist nicht mehr vorhanden, er ist durch eine chemische Veränderung Malachit geworden und desshalb sind jetzt die tesseralen Krystalle Pseudokrystalle des Malachit nach Cuprit. So finden sich z. B. klinorhombische Krystalle, deren Gestalt auf Krystalle des Datolith oder des Gyps zurückzuführen ist, jetzt aber substantiell zum Quarz gehören. Sie sind Pseudokrystalle des Quarz nach Datolith oder nach Gyps, die aber nicht durch eine chemische Veränderung der einen oder der anderen Mineralsubstanz substantiell Quarz geworden sind.

Aus diesen Beispielen ersieht man zunächst, dass Pseudokrystalle auf verschiedene Weise entstehen können und sie sind nach ihrer Entstehung auf verschiedene Weise unterschieden und eingetheilt worden. Allgemeine Kennzeichen der Pseudokrystalle, um sie als solche zu erkennen und von dimorphen Species zu unterscheiden, sind schwierig festzustellen, obgleich in der Regel den Pseudokrystallen die Schärfe in der Ausbildung fehlt, ihre Masse gewöhnlich, besonders bei einiger Vergrösserung als krystallinisches Aggregat bis dicht erscheint, doch ist die mangelnde Spaltbarkeit, wie sie sich an anderen krystallisirten und krystallinischen Vorkommnissen derselben Substanz zeigt, meist ein sicheres Kennzeichen. Die Pseudokrystalle wurden schon frühzeitig beachtet und in ihrer Bildung zu erklären versucht und bei der Wichtigkeit ihres Vorkommens, namentlich in chemischer und geologischer Beziehung sind sie stets mit Aufmerksamkeit verfolgt und beschrieben worden. Bei der vielseitigen bezüglichen Literatur ist

vor Allem auf R. BLUM's Werk »Die Pseudomorphosen des Mineralreiches, Stuttgart 1843, mit den reichhaltigen vier Nachträgen 1847, 1852, 1863 und 1879 zu verweisen, so wie auf W. HAIDINGER's Handb. d. bestimm. Mineralogie, pag. 228, F. HAUSMANN's Untersuchungen über die Formen der leblosen Natur I, pag. 665, auf TH. SCHEERER's Artikel »Afterkrystalle« in der 2. Aufl. des Handwörterbuches der reinen und angewandten Chemie, auf die Studien über Mineral-Pseudomorphosen von F. E. GEINITZ im neuen Jahrb. für Min., Geol. und Palaeontologie 1876, pag. 449, auf DELESSE's recherches sur les pseudomorphoses in Ann. des mines. (5) Band 16, pag. 317, J. ROTH's allg. und chem. Geologie 1879, I. Band und G. WINKLER's gekrönte Preisschrift: Die Pseudomorphosen des Mineralreiches, München 1855.

Bei der sehr grossen Zahl derartiger Vorkommnisse, welche als Pseudokrystalle oder als Pseudomorphosen allgemein aufgefasst werden und bei der Schwierigkeit, den Verlauf der Bildung richtig zu beurtheilen, weil derselbe sich verhältnissmässig selten durch Zwischenglieder beobachten lässt, ist eine systematische Eintheilung zur Zeit nicht gut möglich. Es sollen daher nur einzelne Gruppen solcher Vorkommnisse, als in ihren Erscheinungen übereinstimmender zeigen, wie verschieden die Vorgänge sein können, welche man annehmen kann.

Jedenfalls ist die Krystallgestalt der Pseudokrystalle durch eine andere Substanz gebildet worden als diejenige ist, welche die Pseudokrystalle enthalten. Eine scheinbare Ausnahme machen die von TH. SCHEERER[1]) aufgestellten Paramorphosen, das sind Pseudokrystalle, in welchen die Substanz insofern dieselbe geblieben ist, als sie dieselbe chemische Constitution zeigt. Das bekannteste Beispiel dieser Art zeigt der Schwefel, welcher zwar als Mineral keine Paramorphose bildet, den Vorgang aber und Begriff der Paramorphosen deutlich macht. Der geschmolzene Schwefel nämlich krystallisirt in geeigneter Weise behandelt klinorhombisch und bildet eine eigene Modification des Elementes Schwefel, der als Mineral vorkommende ist orthorhombisch. Die klinorhombischen Krystalle aber ändern sich, ihre Form behaltend in die Substanz des orthorhombischen Schwefels wieder um, wie man annehmen zu können glaubt, durch eine Umlagerung der Atome andere Krystallmolecule bildend, als sie dem klinorhombischen Schwefel zukommen. Im Mineralreiche sind derartige Pseudokrystalle selten anzutreffen, wie z. B. die des Calcit nach Aragonit und die des Disthen nach Andalusit.

Sehr häufig sind die Pseudokrystalle, wie oben schon die des Malachit nach Cuprit angeführt wurden, welche eine chemische Veränderung der ursprünglichen Krystallsubstanz erkennen lassen und welche am zweckmässigsten nur als Pseudomorphosen zu bezeichnen wären. (Vergl. KENNGOTT's Uebers. d. Result. min. Forschungen 1856—57, pag. 204.)

Solche Pseudokrystalle, Pseudomorphosen im engeren Sinne entstehen, wenn die ursprüngliche Substanz sich nach und nach verändert, gleichviel ob Bestandtheile des Stoffes austreten, oder neue Bestandtheile aufgenommen werden, oder ob gleichzeitig Bestandtheile austreten und neue hinzutreten.

Die ersteren, welche durch Verlust von Bestandtheilen entstehen, sind nicht häufig, wie z. B. Ps. des Kupfers nach Cuprit, Cu_2O (durch Verlust des Sauerstoffes), Ps. des Argentit Ag_2S nach Pyrargyrit $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$ (durch Verlust des

[1]) Der Paramorphismus und seine Bedeutung in der Chemie, Mineralogie und Geologie von TH. SCHEERER.

Schwefelantimon) oder Ps. des Willemit $2ZnO \cdot SiO_2$ nach Hemimorphit $H_2O \cdot ZnO + ZnO \cdot SiO_2$ (durch Verlust des Wassers).

Die zweiten, welche durch Aufnahme von Bestandtheilen entstehen, sind nicht selten, wie z. B. die Ps. des Malachit $H_2O \cdot CuO + CuO \cdot CO_2$ nach Cuprit Cu_2O (durch Aufnahme von Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser), die des Gyps ($H_2O \cdot CaO + H_2O \cdot SO_3$) nach Anhydrit $CaO \cdot SO_3$ (durch Aufnahme von Wasser), die des Anglesit $PbO \cdot SO_3$ nach Galenit PbS und die des Cuprit Cu_2O nach Kupfer (durch Aufnahme von Sauerstoff) und die des Pyrit FeS_2 nach Pyrrhotin FeS (durch Aufnahme von Schwefel).

Am häufigsten sind die Pseudomorphosen, welche durch Verlust und Aufnahme von Bestandtheilen entstehen, wie z. B. die Ps. des Hämatit Fe_2O_3 nach Pyrit FeS_2 (durch Verlust des Schwefels und Aufnahme von Sauerstoff), die des Pyrrhosiderit $H_2O \cdot Fe_2O_3$ und Limonit $3H_2O \cdot 2Fe_2O_3$ nach Pyrit und Markasit FeS_2 (durch Verlust des Schwefels und Aufnahme von Sauerstoff und Wasser), die des Pyrrhosiderit und Limonit nach Siderit (durch Verlust der Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff und Wasser), die des Galenit PbS nach Pyromorphit $3(3PbO \cdot P_2O_5) + PbCl_2$ (durch Verlust des Sauerstoffes, Chlor und der Phosphorsäure und Aufnahme von Schwefel), die des Aragonit $CaO \cdot CO_2$ nach Gyps $H_2O \cdot CaO + H_2O \cdot SO_3$ (durch Verlust des Wassers und der Schwefelsäure und Aufnahme von Kohlensäure).

In der Regel beginnt bei den Pseudomorphosen der chemische Vorgang von der Oberfläche der Krystalle aus und es erscheint daher oft im Anfange der Umbildung eine mehr oder minder dicke Rinde über dem noch nicht veränderten Inneren, wodurch sie an die später anzuführenden Perimorphosen erinnern und den Nachweis liefern, dass eine strenge Abgrenzung der zur Bildung von Pseudokrystallen führenden Erscheinungen nicht möglich ist. Eine als Rinde um einen Krystall erscheinende und von seiner Substanz verschiedene Mineralsubstanz bildet daher noch keinen Pseudokrystall, sie verdeckt nur momentan das Innere, welches nach Entfernung der Rinde sichtbar wird. Immerhin aber sind solche Rinden oder Krusten zu beachten, weil sie oft das erste Stadium des chemischen Vorganges nachweisen.

Bei dem Zusammenvorkommen verschiedener Minerale kann man sehr oft beobachten, dass auf ein in Drusenräumen, auf Klüften und Gängen krystallisirtes Mineral sich später ein anderes Mineral auf der Oberfläche der Krystalle in gleichmässiger Weise als ein aus kleinen Krystallen zusammengesetzter oder als ein krystallinischer oder unkrystallinischer dünner Ueberzug sich absetzt. Eine solche Erscheinung ist nicht befremdend, denn ebenso, wie sich auf Krystallen eines Minerals vereinzelte Krystalle eines anderen Minerals aufgewachsen finden, können kleine bis sehr kleine Krystalle einen aus ihnen zusammengesetzten Ueberzug bilden, wie z. B. Quarzkrystalle mit dicht gedrängten kleinen Krystallen von Stilbit, Desmin oder Apophyllit überdeckt sind, oder Orthoklaskrystalle mit Chlorit, oder Fluoritkrystalle mit Quarz, Pyrit oder Dolomit, Cölestin- und Calcitkrystalle mit Quarz, oder Tetraedritkrystalle mit Chalkopyrit. Oder es finden sich krystallinische stalaktitische aus kurzen Fasern zusammengesetzte Ueberzüge, wie z. B. von sogen. rothem oder braunem Glaskopf auf Fluorit, von Desmin oder Aragonit auf Bergkrystall. Hieran reihen sich Ueberzüge von Chalcedon auf Calcit, Siderit und Pyromorphit, von Psilomelan auf Baryt u. a. m.

Solche Ueberzüge oder Incrustate sind substantiell indifferent gegenüber der Substanz der durch sie verdeckten Krystalle, sie zeigen nur die Gestalt der-

selben und wurden, weil man auf diesem Wege eine nicht mit der bedeckenden Substanz zusammengehörige Krystallgestalt sieht, welche dem bedeckenden Minerale nicht angehört, auch zu den Pseudokrystallen oder Pseudomorphosen im Allgemeinen gerechnet, von Blum als Umhüllungs-Pseudomorphosen bezeichnet, wofür der kürzere Ausdruck Perimorphosen zweckmässiger erscheint. Im Vergleich mit den oben besprochenen Pseudomorphosen sind sie eine untergeordnete Erscheinung, die sehr oft zu beobachten ist und die Zahl der Pseudomorphosen im Allgemeinen bedeutend vermehrt, immerhin aber können sie unter Umständen eine gewisse Bedeutung erlangen, weil solche Ueberzüge die Gestalt der überdeckten Krystalle bewahren, selbst wenn die Substanz der letzteren aufgelöst und fortgeführt wird. Bisweilen können auch bei Pseudomorphosen, welche auf chemischer Substanz-Veränderung beruhen, durch den Beginn der Veränderung krustenartige Ueberzüge erzeugt werden, wie bei dem Uebergange des Pyrit in Pyrrhosiderit.

Wenn nun so durch die Perimorphosen nach Auflösung und Fortführung der umschlossenen Krystallsubstanz die Form erhalten bleibt, so konnte sich in den hohlen Raum später eine andere Mineralsubstanz absetzen und denselben ganz ausfüllen. Auf diese Weise entstehen die sogen. Ausfüllungs-Pseudomorphosen, welche man kürzer und um sie nicht mit den Pseudomorphosen im Besonderen zu verwechseln Pleromorphosen nennen kann, deren Substanz von der aufgelösten und fortgeführten Substanz unabhängig ist. Bisweilen ist die ausfüllende Substanz dieselbe wie die umhüllende, meist aber davon verschieden. Beispiele von Pleromorphosen kommen nicht selten vor, wie z. B. die des Manganit, Pyrolusit und Hämatit nach Calcit, die des Quarz nach Fluorit.

Diese beiden mit den Namen Peri- und Pleromorphosen zu benennenden Pseudokrystalle, welche die Erhaltung der Krystallgestalt durch Ueberzüge und die Ausfüllung leer gewordener Krystallräume in zeitlicher Trennung nachweisen, werden oft beobachtet und sind leicht erklärlich. Viel schwieriger ist die Erklärung für die sogen. Verdrängungs-Pseudomorphosen, von denen oben als Beispiele im Eingange des Artikels die Pseudokrystalle des Quarz nach Gyps und Datolith angeführt wurden und wozu die vielbekannten Pseudokrystalle des Speckstein genannten dichten Steatit nach Quarz von Göpfersgrün bei Wunsiedel in Bayern gehören. Bei diesen hat, wie der Augenschein zeigt, irgend eine Mineralsubstanz die vorhandene unmittelbar verdrängt und die Gestalt ist geblieben, ohne dass von einer vom ursprünglichen Stoffe ausgehenden chemischen Umwandlung die Rede sein kann, wie die Pseudomorphosen im engeren Sinne eine solche nachweisen lassen. Der eigentliche Vorgang dieser Bildung ist unbekannt, nur das Factum liegt vor und die Erklärung ist eine hypothetische. Immerhin kann man in einzelnen Fällen annehmen, dass wenn eine Flüssigkeit wie Wasser, in welcher bereits mineralische Stoffe aufgelöst sind, auf die Oberflächentheile von Krystallen auflösend einwirkt, unmittelbar an Stelle der aufgelösten Krystallmolecule sich aus der Flüssigkeit eine andere Mineralsubstanz absetzt, den von den aufgelösten Krystallmoleculen eingenommenen Raum erfüllend. So kann man z. B. bei den Pseudokrystallen des Quarz nach Gyps sich leicht vorstellen, dass Wasser, welches Kieselsäure aufgelöst enthält auf die Oberflächentheile des Gyps auflösend einwirkt und aus diesem Wasser sich unmittelbar die Kieselsäure als Quarz niederschlägt und die Stelle des aufgelösten Gyps einnimmt und dass der so an der Oberfläche begonnene Process der Wegnahme und des unmittelbaren materiellen Ersatzes durch Niederschlag von aussen

nach innen langsam vorschreitet, bis schliesslich der gesammte Gyps aufgelöst und durch Quarz ersetzt ist. Der jedenfalls langsame Vorgang trägt zur Erhaltung der Form bei, die schon durch den ersten Absatz bewahrt wird und um so schärfer ausgeprägt ist, je langsamer die Vertauschung der beiderlei von einander unabhängigen Substanzen Statt fand, wie dies z. B. die Pseudokrystalle des Quarz nach Datolith zeigen.

Diese gedrängte Erörterung des Vorganges bei der mannigfachen Bildung der Pseudokrystalle zeigt, dass solche auf verschiedene Weise entstehen können und darnach unterschieden werden müssen, dagegen ist die Vielseitigkeit der Erscheinungen keinesweges erschöpft und es werden unfehlbar noch andere Vorgänge beobachtet werden. Jedenfalls aber ist die Bildung der Pseudokrystalle sehr interessant und in chemischer, sowie in geologischer Beziehung sehr wichtig, zumal solche Vorgänge bei auch bei Mineralmassen vorkommen.

Quartär-System

von

Dr. Fr. Rolle.

Vom Tertiär-System unterscheidet man — und zwar minder nach allgemeinen geologischen Vorgängen — als vielmehr nach der fortschreitenden klimatischen Abkühlung und den dieser entsprechenden Aenderungen der Säugethier-Fauna in den mittleren Breiten — das Quartär-System als letzten und jüngsten Hauptabschnitt der geologischen Reihenfolge.

Seine untere Grenze bezeichnet das Erscheinen einer neuen, wahrscheinlich grösstentheils aus dem Osten und aus dem arktischen Gebiet eingewanderten Landsäugethierfauna, welcher namentlich der erste in Mittel-Europa auftauchende Glacial-Arktiker, der wollhaarige sibirische Mammuth, *Elephas primigenius* Blum. und eine Anzahl heute noch in Mittel-Europa und in der gemässigten Zone von Asien fortlebender Säugethier-Arten angehören. Diese Grenze zwischen Tertiär und Quartär entspricht hauptsächlich nur den in Europa und Nord-Amerika zu beobachtenden Verhältnissen. Für die Aequatorialgegenden ist sie nicht in entsprechender Weise durchzuführen, auch nicht für die südliche Halbkugel. Man begnügt sich für die letzteren Gebiete mit annähernder Abschätzung.

Man unterscheidet im Besonderen noch — so weit man es vermag:

1. Eine untere Abtheilung des Quartär-Systems, das Pleistocän oder Diluvium. In ihrem Verlauf tritt der Mensch bereits in Mittel-Europa als Einwanderer auf. Er kam aller Wahrscheinlichkeit nach aus Asien. Und 2. eine jüngere Abtheilung, das Alluvium oder die recenten Gebilde. Dieser letztere Abschnitt reicht bis zu den unter unserern Augen noch vorgehenden geologischen Bildungen. Er begreift namentlich das Zeitalter der eigentlichen — in schriftlicher Aufzeichnung überlieferten Völkergeschichte und dauert noch fort.

Gleich wie die Grenze zwischen Pliocän und Pleistocän nur über ein örtlich begrenztes Festlandgebiet sich projiciren lässt, so ist auch die zwischen Pleistocän und Alluvium ganz allgemeiner Art und muss für jedes besondere Festlandgebiet wieder besonders gesucht werden. Noch misslicher ist die Uebertragung beider Grenzlinien auf Meeresablagerungen. Alle bisherigen synchronistischen Versuche auf diesem Gebiet haben sich seither noch als brüchiges Material erwiesen.

Wir gehen zunächst zur Betrachtung des unteren Pleistocän. Im Verlaufe der tertiären Epochen war die Gestaltung von Festland und Meer unter mannigfachem Wechsel von Hebungen und Senkungen (— wobei aber keine Tiefseebildungen aus der Tiefe, in denen die weisse Kreide entstand, mehr zu Festlandgebiet empor gebracht wurden —) schon nahe zu der Gestaltung gelangt, die sie seit dem Beginn der geschichtlichen Epoche zeigen und die klimatischen Zonen mit ihren besonderen Floren und Faunen schon nahezu in derselben Weise ausgebildet. Aber je mehr wir der Aufgabe näher rücken, eine allgemein giltige Grenze zwischen oberstem Pliocän und unterstem Pleistocän zu ziehen, um so fühlbarer machen sich bald hier, bald da die Lücken unserer Kenntnisse vom damaligem Stande der Dinge. Wann die erste Vereisung der Polarregionen eintrat, wissen wir überhaupt nicht. Wir erkennen im Pliocän erst das Herannahen eines kühleren Klimas in Mittel-Europa und namentlich in England. Säugethiere, die ein kühleres Klima andeuten, wie das irische Elenn, *Cervus hibernicus*, wandern hier ein. Die letzten Reste tropischer und subtropischer Formen verschwinden zugleich aus Mittel-Europa und namentlich erlischt der letzte Mastodont und der letzte Tapir für dieses Gebiet. Aber die damit angedeutete Grenzlinie in der Reihenfolge der Bodenablagerungen ist nur für wenige bestimmte Oertlichkeiten durchzuführen und bei weitem noch nicht für die ganze Erdoberfläche zu entwerfen.

Einigermaassen scharf gestaltet sie sich nur für die Ostküste des südlichen Englands und das gegenüberliegende Küstengebiet des nördlichen Frankreichs, soweit das sogenannte Forest-bed — oder die Schichte der sogenannten »untermeerischen Waldungen« — entwickelt erscheint. Das Forest-bed überlagert den Norwich-Crag und ist unteres Pleistocän. Diesem Horizont folgen bald Ablagerungen aus einem über ganz Nord- und Mittel-Europa durch örtliches Vorrücken der arktischen Kälte — Eisdrift der nordeuropäischen Küsten und mächtige Entwicklung der Gletscherbildung in den Hochgebirgen Europas — wohlbezeichneten und in vielen Ländern mannigfach ans Licht tretenden Zeitalter der sogenannten Glacial-Epoche, die durch meerische und festländische Ablagerungen reichlich documentirt erscheint.

Aber auch die Glacialbildung war nur eine örtliche Erscheinung, bedingt durch gewisse Hebungen und Senkungen, welche das Bereich des nördlichen Eismeeres vorübergehend erweiterten. Während von Calais an die niederen Flächen von Belgien und Holland, Nord-Deutschland bis zum Harz, Polen und Nord-Russland unter Meeresbedeckung lagen, führte die kalte Strömung des damals weit ausgedehnten nördlichen Eismeeres der gleichzeitigen europäischen Nordküste — in der Linie Calais, Krakau u. s. w. — Kälte und Treibeis zu. Mächtige Eisblöcke, von den scandinavischen Gletschern abgelöst, drifteten während dieser Epoche an den Gestaden des mitteleuropäischen Gebietes. Die arktische Kälte dehnte sich bis über die Alpen und die Pyrenäen aus. Die Vergletscherung des Hochgebirges nahm mächtig zu und die Alpen boten einen Anblick, ähnlich dem des heutigen Grönlands. Flora und Fauna Europas erlitten damals bis über die Alpen und Pyrenäen hinaus eine ansehnliche und stellenweise eine vollständige Umgestaltung. Das Rennthier Lapplands weidete am Fusse der Alpen und Pyrenäen und war lange Zeit hindurch das Hauptjagdwild der ältesten in Europa eingewanderten Stämme, deren nächste heute lebenden Verwandten wir vielleicht unter Lappländern, Samojeden und Eskimos zu suchen haben.

Die wichtigste Ablagerung des unteren Pleistocän ist das Forest-bed oder die Waldschichte, der sogenannte untermeerische Wald an den Küsten von England (Norfolk) und Frankreich (Normandie, Bretagne). Sie liefert den Hauptausgangspunkt für die Ermittlung der Herkunft der heutigen Säugethierfauna unseres Erdtheils. Das Forest-bed stammt aus der Zeit nach der Ablagerung des Norwich-Crag (oberes Pliocän) und vor Eintritt der europäischen Senkungsepoche, welche die Südküste der Polarsee bis zur Linie Calais-Krakau in Süden vorschob und die arktische Kälte bis über die Alpen hinaus verbreitete. Aber es zeigt schon ausgesprochener den Einfluss der herannahenden Kälte-Epoche, als es in den Absätzen der Pliocän-Epoche desselben Gebietes der Fall ist.

Die Ablagerung des oberen Crags oder Norwich-Crag (oberes Pliocän) in England schloss mit einer Hebung, die an der Ostküste von England und der Nordküste von Frankreich eine ausgedehnte Strecke von bisherigem Meeresboden in Festland und zwar in eine weithin über heutiges Meeresgebiet reichende Niederung verwandelte. Diese neue Festlandfläche bedeckte sich mit Sumpf und Wald und ihre Absätze von Schlamm und Morast mit Baumstümpfen — zum grössten Theile jetzt wieder unter den Meeresspiegel gesenkt, sind zur Zeit der Ebbe an vielen Stellen der jetzigen Küstenlinie noch zugänglich. Dies ist das Forest-bed oder der untermeerische Wald, unteres Pleistocän.

Ueber dem Forest-bed liegt Lehm mit Blöcken und kleineren Steinen der Glacial-Drift. Dies ist der Boulder-Clay oder Blocklehm der Engländer, ein Meeresabsatz aus jener Zeit von tiefem Stand des südwestlichen und nördlichen Europas, als das nördliche Eismeer seine kalten Fluthen bis zur Linie Calais-Krakau ausdehnte.

Das Forest-bed hat in England und Frankreich Reste einer reichlichen Landthierfauna geliefert. Vor Allem bezeichnend für diese ist, dass die Gattungen *Tapirus, Mastodon* und *Hippotherium* fehlen. Offenbar sind sie schon vor Ablagerung desselben in Mittel- und vielleicht auch schon in Süd-Europa erloschen und bald folgt ihnen auch noch ein anderer Theil der pliocänen Säugethierfauna. Ein kühleres Klima ist im Herannahen. Andere Säugethierarten wandern ein, die aus der europäischen Pliocän-Fauna bisher noch nicht bekannt sind und vermuthlich vordem meist Bewohner gemässigter Klimate des Ostens (etwa Süd-Russlands und des Amurlandes) waren. Sie folgen der Verschiebung des Klimas und treffen zahlreich im Zeitalter des Forest-beds in West-Europa ein. Noch lebt hier in der älteren Pleistocän-Zeit eine Anzahl von Säugethieren fort, die schon aus pliocänen Schichten von Europa bekannt sind, also ältere einheimische Arten des betreffenden geographischen Gebietes darstellen. Unter ihnen sind zwei Elephanten, die wir schon aus der oberpliocänen Fauna von Mittel- und Süd-Europa kennen, *Elephas meridionalis* und *E. antiquus*, zwei Nashörner, *Rhinoceros megarhinus* und *R. etruscus* und ein Flusspferd, *Hippopotamus major*. Dies sind Arten, die noch sehr an heutige Afrikaner erinnern. Sie sind alle seither erloschen. Der im Forest-bed vertretenen älteren europäischen Fauna gehört auch das Riesen-Elenn an, *Megaceros hibernicus (Cervus euryceros)*. Es wanderte schon zur Zeit des Red-Crag in West-Europa ein und mag aus dem Norden oder Osten gekommen sein. Auch ist noch das letzte europäische Auftreten einer grossen räuberischen Katzenart, *Machaerodus latidens* zu bemerken. Die Machäroden, ausgezeichnet durch ungewöhnlich grosse schneidige Eckzähne (nach MARSH zuerst im Miocän der Rocky Mountains hervortauchend) waren in

der pliocänen Zeit in Europa weit verbreitet und erloschen hier im Forest-bed, in Brasilien etwas später.

Unter den neuen mit dem Forest-Bed sich verkündenden Einwanderern in West-Europa nimmt die erste Stelle der Mammuth oder wollhaarige, lang gemähnte sibirische Elephant ein, *Elephas primigenius* BLUM., der erste auf europäischem Boden fossil nachgewiesene glaciale Arktiker, der erste sichere Bote der bald nachfolgenden Glacial-Epoche. Damit erscheinen noch eine ansehnliche Menge von Säugethierarten, die — aus älteren Horizonten unbekannt — mit dem Forest-Bed zum ersten Male ans Licht treten und heute in England oder mindestens in anderen Theilen von Europa noch fort leben. Es sind offenbar Einwanderer aus kühlerer, dem arktischen Gebiet näher liegender Heimath. Noch giebt kein Fund in nördlicherem oder östlicherem Gebiet bis jetzt uns Aufschluss über ihre besondere Herkunft und ihre ältere Geschichte. Wir wissen nur, dass sie neu zutreffen und dürfen schliessen, dass sie aus einem Gebiet von gemässigt kühlem Klima kommen und vielleicht vor dem Einfluss zunehmender Abkühlung desselben zurückwichen. Zu diesen neuen Einwanderern, die mit dem Mammuth ankommen, gehören von Wiederkäuern: der Ur, *Bos primigenius* BOJ. — der Edelhirsch, *Cervus elaphus* L. — das Reh, *Cervus capreolus*, L. — von anderen Hufthieren; das Wildschwein, *Sus scrofa* L. — das Pferd, *Equus caballus* L. — von Nagern der Biber, *Castor fiber* L. — endlich von Raubthieren: der Wolf, *Canis lupus* L. — der Fuchs, *Canis vulpes* L. — Einer der merkwürdigsten Ankömmlinge ist ein Insectivore, der Desman, *Myogale moschata* PALL. Er erscheint fossil im Forestbed und lebt jetzt in Russland im Don- und Wolga-Gebiet. Er deutet die Strasse an, welche auch die meisten anderen Ankömmlinge gezogen sein mögen Noch ist als im Forest-bed neu aufgetreten und seither erloschen der Höhlenbär *Ursus spelaeus* ROSENM. zu nennen. Er ist der nächste Vorfahre des lebenden braunen Bären, *Ursus arctos* L. und nur etwas grösser und kräftiger gebaut.

Die Nachweisung dieser Forestbed-Fauna in anderen Theilen des europäischen Festlandgebietes hat noch wenig Fortschritte gemacht. Ein Aequivalent ist das Sand- und Gerölle-Lager von St. Prest bei Chartres. (Man glaubt darin schon roh zugeschlagene Steingeräthe des Menschen zu erkennen. Die Angabe bedarf aber noch der Bestätigung).

Nach Ablagerung des Forest-Bed folgte, wie die Profile der Küsten von England und Nord-Frankreich ergeben, — nach der LYELL'schen Drifttheorie — die ausgedehnte Senkung in Mittel- und Nord-Europa, welche das Gebiet des eistreibenden Polarmeeres bis zur Linie Krakau, Harz, Calais ausdehnte, das europäische Klima tief herabdrückte und die Vergletscherung der Hochgebirge nach sich zog. In Nord-Deutschland und dem östlichen England wurden Eisblöcke mit Gesteinsschutt und grossen Blöcken aus Skandinavien und Finland angetrieben.[1]) In den Thälern der Schweizer Alpen erreichten die Gletscher

[1]) Wir folgten im Texte der während der letzten Jahrzehnte allgemein anerkannten Drift-Theorie von CH. LYELL (1835). Nach dieser wird angenommen, dass zur Zeit der nordeuropäischen Eis-Drift, namentlich aber während der Ablagerung des Blocklehms oder Geschiebelehms, Boulder-clay, der südöstliche Theil von England, Holland, ein grosser Theil von Nord-Deutschland und Süd-Russland, sowie auch Dänemark unter dem Meeresspiegel standen. LYELL nimmt für das mittlere England einen um etwa 100 Faden (600 engl. Fuss, 183 Meter) tieferen Stand an. In Sachsen liegt nach CREDNER die Verbreitungsgrenze der erratischen Blöcke in 400 Meter und war hier also die Senkung ansehnlicher. Der Blocklehm oder Boulder-clay mit seinen geglätteten und gefurchten, zum Theil aus Skandinavien stammenden Blöcken, in England

die ungeheure Mächtigkeit von 1000 Meter und darüber, stauten sich am Rande des Jura und schoben ihre Moränen einerseits über den Bodensee hinaus, andererseits weit vor in die piemontesische und lombardische Niederung. In Frankreich reichten die Gletschermassen der Hochalpen bis dicht vor Lyon. Flora und Fauna von Europa erlitten durch diese Begebenheiten eine tiefgehende Umgestaltung. Arten, die auf wärmeres Klima angewiesen waren, erloschen mit dem tieferen Sinken der Temperatur. Pflanzen und Thiere der borealen und der arktischen Gebiete wanderten dafür ein und dehnten ihr Gebiet bis zum Fusse der Alpen und Pyrenäen aus, wo sie auch theilweise sitzen blieben.

Die Flora des Forest-bed von England kommt bereits der heutigen von Mittel-Europa sehr nahe, sie enthält z. B. die Föhre, *Pinus sylvestris* L., die Rothtanne, *Pinus abies* L., die Eibe, *Taxus baccata* L. Dicht über dem Forestbed wies aber NATHORST in Norfolk bereits die ersten glacialen Pflanzenarten nach, z. B. *Salix polaris* WAHLB.

Reichlichen Aufschluss über die Festlandflora eines Abschnittes der Glacial-Epoche gewährt die auf den ältesten Gletscherschutt-Absätzen der Schweiz abgelagerte schiefrige Braunkohle oder Schieferkohle von Utznach und Dürnten bei Zürich. Sie scheint einer vorübergehenden Zeit von Stillstand der alpinen Gletscher anzugehören, da sie unter einer Decke von Gerölleschutt begraben liegt, die gleichfalls von Gletschern herrührende Geschiebe führt. Es ist eine diluviale, wie es scheint noch unterpleistocäne Torfbildung, mit zahlreichen deut-

---

20—80 Fuss, 6—24,4 Meter mächtig und darüber, sollte als Meeresabsatz reichliche Mengen von Meeresfossilien, namentlich von Meeresconchylien enthalten. Aber der Blocklehm führt gewöhnlich keine Reste mariner Organismen — nach manchen Angaben überhaupt keine. Ist der Blocklehm ein glacialer Meeresabsatz, darf man fragen, warum führt er nicht durchgehend Meeresfossilien? LYELL suchte diesen Einwand durch die Ungunst der Bedingungen des Eises und eines eistreibenden Meeres gegenüber lebenden Organismen zu entkräften.

Der Drift-Theorie ist seither von O. TORELL (1864) und anderen eine wesentlich andere Erklärung entgegengesetzt worden, welche von der Annahme einer zuvor nicht vermutheten monströsen Hypertrophie der skandinavischen Gletscher ausgeht. Nach dieser neueren Theorie ist der Blocklehm oder Geschiebelehm, Boulder-clay von England und der norddeutschen Ebene kein Absatz von zahllosen aus Skandinavien angetriebenen Eisbergen, sondern die Grundmoräne mächtiger von Skandinavien bis in's südöstliche England, Calais, Krakau u. s. w. sich vordrängender Gletscher. Die Grundmoräne ist bei unseren heutigen Gletschern des Hochgebirges in Lager von Schlamm, Geschieben und Blöcken am Boden der bewegten Eismasse. Sie schiebt sich mit dem Gletscher vor und nimmt meist das Gesteinstrümmer-Material der Deckmoränen früher oder später in sich auf. Sie bedeckt eine geglättete oder gekritzte und gefurchte Felsfläche — das Ergebniss der gewaltigen Kraft der hier vorgehenden unaufhaltsamen Bewegung.

Nach dieser Theorie muss man annehmen, dass ein Gletscher sich mit sammt seiner Grundmoräne, wenn nicht an seiner Stirn eine Abschmelzung stattfindet, in der Ebene ins Unendliche fortschiebt und ausbreitet. Weiterhin muss nach derselben auch angenommen werden, dass von Skandinavien an bis England, bis an die Harzgegend u. s. w. der Boden höher als dermalen emporgehoben war. Entweder war das dazwischen gelegene Meeresgebiet mit der Ostsee und der Nordsee festes Land, über welches die skandinavischen Gletscher bis Ost-England, Calais, Harz, Krakau u. s. w. sich vorschoben und Blöcke ausstreuten. Dann muss man für das Nordseegebiet einen damals um beiläufig 100 Faden (600 engl. Fuss, 183 Meter) höheren Stand annehmen. Oder man muss die Vermuthung zu Hülfe nehmen, ein Theil der Nordsee und der Ostsee sei dazumal zugefroren gewesen und darüber hinaus seien die Gletscher vorgedrungen.

Vergl. A. v. LASAULX, Die Gletscher, II, pag. 88—105, ferner J. QUAGLIO, Die erratischen Blöcke und die Eiszeit nach O. TORELL's Theorie. Wiesbaden 1881.

lichen Pflanzenresten. Sie enthält namentlich heute noch in Mittel- und Nord-Europa fortlebende Arten wie die Rothtanne, *Pinus abies* L. (*Picea vulgaris* Link) — die Föhre, *Pinus sylvestris* L. — die Lärche, *Pinus larix* L. — die Birke, *Betula alba* Lin. u. s. w.

Mit der zunehmenden Kälte der Glacialepoche, erlitt die mitteleuropäische Landflora von der Linie Krakau, Harz, Calais an bis zu den Alpen und Pyrenäen noch weiter gehende Veränderungen, die aber nur aus zerstreuten Beobachtungen sich ermitteln lassen. Im Ganzen scheint es eine Laub- und Nadelholzflora, die der heutigen nordeuropäischen sehr nahe kam, gewesen zu sein. Die Waldungen wechselten wahrscheinlich mit weiten Sumpf- und Heideflächen, ähnlich den Tundras oder waldlosen Moos- und Gestrüppflächen des heutigen Sibirien und gleich diesen von Zwergweiden, Zwergbirken und anderen kälteliebenden Pflanzen bewohnt. Aus dieser in Süd vorgeschobenen Nordpolar-Flora — zusammen mit älteren Hochgebirgspflanzen von ähnlicher Art — ist aller Wahrscheinlichkeit nach die eigenthümliche Hochgebirgsflora der Alpen, Karpathen u. s. w. übrig geblieben, indem sie mit dem nachmaligen Abschmelzen der die Gebirge überwuchernden Gletscher Schritt haltend, die Gebirgshöhen besiedelte und hier in vielen inselförmig abgegrenzten Verbreitungsgebieten sich auf unsere Zeit fort erhielt. (Von den Phanerogamen Skandinaviens wiederholen sich etwa 80% in den Alpen.)

Die Festlandfauna Europa's während der Glacialepoche war gleich der Flora weit verschieden von der pliocänen des gleichen Gebietes, wenigstens für eine Reihe von Arten und Gattungen. Schon zur Zeit der Bildung des Forest-beds war ein Theil der pliocänen Säugethierfauna Europa's erloschen, ein anderer überschreitet das Forest-bed nicht, ein dritter Theil überschreitet wohl dasselbe, erlischt aber im Verlauf der glacialen Zeit, theils unter der Ungunst des immer kühler werdenden Klimas, theils durch die Nachstellungen der aus Asien einwandernden Jagdvölker. Andere Säugethierarten treffen für sie im Zeitalter des Forest-beds ein, noch andere namentlich ausgesprochene Arktiker folgen ihnen im Verlauf des glacialen Zeitalters. Der Mammuth oder sibirische Elephant und das sibirische Nashorn, *Rhinoceros tichorhinus* Cuv., beide von ihren nächsten heutigen Verwandten wärmerer Breiten durch ein wärmendes Haarkleid verschieden und offenbar einem kalten Klima angepasst, bewohnten damals Mittel-Europa und Nord-Asien, — bei uns offenbare Einwånderer aus Sibirien. Mit ihnen lebten das Rennthier, der jetzt nur noch im arktischen Amerika einheimische Moschusochse, das irische Riesenelenn, grosse Bären- und Katzenarten, Hyänen u. s. w. Ein kleiner Theil dieser glacial-europäischen Fauna hat sich in den Hochregionen der Alpen und Karpathen forterhalten. So namentlich das Murmelthier oder die Marmotta, ein Bewohner des kühlen Klimas, der nach seinen in Lehmschichten fossil erhaltenen Resten zu schliessen, einst bis Mainz und Aachen verbreitet lebte. So wahrscheinlich auch der Alpenhase, eine wenig abweichende örtliche Abänderung des arktischen Polarhasen. Endlich hat man auch Grund, die Einwanderung der Gemse und des Steinbocks in den Alpen in derselben oder einer nur wenig späteren Zeit anzunehmen, nur dass deren Vorfahren bereits auch schon Bergbewohner irgend wo gewesen sein mögen. Eine grössere Zahl von Arten sind im Verlaufe der glacialen und der ersten nachglacialen Zeiten erloschen oder der Hand des Menschen zum Opfer gefallen, wie namentlich der Mammuth, die ihn begleitenden Nashörner und für Sibirien auch der Mochusochse.

Bei Erörterung des Forest-beds lernten wir die zur Zeit seiner Ablagerung neu eintreffenden Einwanderer der Säugethierfauna kennen. Wir können sie, wenn auch nicht mehr mit der gleichen Bestimmtheit auch für die nächsten Stufen der Glacial-Epoche verfolgen.

Etwas später als das Forest-bed scheint die Braunkohle von Utznach und Dürnten abgelagert worden zu sein. Sie enthält neben Säugethier-Arten, die schon in jenem vertreten erscheinen, als neuen Ankömmling noch *Rhinoceros Mercki* JÄG., einen Sibirier.

Etwas jünger ist der diluviale Sand von Mosbach — das vom Main an seiner damaligen Mündung in den Rhein abgesetzte Sandlager. Es enthält schon eine grössere Anzahl echt arktischer Säugethier-Reste. Ausser Arten, die schon aus dem Forest-bed und der Utznacher Braunkohle aufgezählt wurden, enthält der Mosbacher Sand noch als neue Ankömmlinge: das Rennthier, *Cervus tarandus* LIN. — den jetzt in Nord-Amerika noch fortlebenden Wapiti, *Cervus canadensis* BRISS. — das Elenn, *Cervus alces* — den Wisent, *Bos priscus* BOJ. — das Murmentthier, *Arctomys marmotta* — den Luchs, *Felis lynx* — den Dachs, *Meles vulgaris*. —

Darunter sind offenbare Ankömmlinge aus dem fernen Osten, die vielleicht selbst von da auch bis Nord-Amerika sich ausdehnten, das damals — vielleicht an der Stelle der heutigen Berings.Strasse — mit Nord-Asien zusammengehangen haben mag. (Es fragt sich, ob der Wapiti ein Asiate war. Er hat sich nur in Nord-Amerika am Leben erhalten.) Bemerkenswerth ist auch im Mosbacher Sand das Vorkommen des *Hippopotamus major*. Es ist seine letzte Spur in Deutschland, wogegen es in Frankreich und England sich länger am Leben erhielt. Vermuthlich hatte damals Deutschland ein etwas rauheres Klima als die westlicheren Gegenden.

Aehnlich ist die Säugethier-Fauna im diluvialen Kalktuff von Canstatt im Neckar-Thal. Hier treten noch ein paar neue, in den oben aufgezählten Ablagerungen bis jetzt noch nicht nachgewiesene Arten auf, nämlich der Höhlentiger, *Felis spelaea* GOLDF. — die Höhlenhyäne, *Hyaena spelaea* GOLDF. — das sibirische Nashorn, *Rhinoceros tichorhinus* CUV. Vielleicht waren Tiger und Hyänen die ersten vortrabenden Sommergäste. Der Höhlentiger, eine dem heutigen Königstiger oder bengalischen Tiger, *Felis tigris* L. nahe stehende, aber etwas grössere und kräftiger gebaute erloschene Art, war wohl ein Bewohner eines milderen Klima's, der nur im Sommer nach Süd- und Mittel-Deutschland Streifzüge machte. Seine Reste fehlen namentlich in den etwas weiter nördlich gelegenen Gegenden. Noch jetzt macht der in den tropischen Regionen Ost-Indiens, sowie im milden Klima der Steppen von Turkestan und am Aralsee heimische Königstiger sommerliche Raubzüge bis zu 50° N. Br. und darüber hinaus. Aehnliche Wanderungen mit dem Wechsel der Jahreszeiten mögen in der glacialen Epoche auch Tiger und Hyänen vorgenommen haben.

Den Gipfel der europäischen Glacial-Epoche dürfte die Einwanderung des arktisch-amerikanischen Moschus-Ochsen oder *Musc-ox*, *Bos moschatus* bezeichnen Er hatte seiner Zeit eine circumpolare Verbreitung vom arktischen Nord-Amerika über Sibirien bis in die Gegend von London und an den Fuss der Pyrenäen. Jetzt lebt er noch heerdenweise im arktischen Theil von Nord-Amerika, 60° N. Br. und bis zur äussersten Grenze des Graswuchses. Aus den Ablagerungen der nordischen Drift im nördlichen Deutschland kennt man Reste von *Bos moschatus* vom Kreuzberg bei Berlin, ferner den Lemming, *Myodes lemmus* und den Halsbandlemming, *Myodes torquatus* bei Quedlinburg. Das sind unzweifelhafte Zeichen

eines damals in Nord-Deutschland herrschenden lappländisch-sibirischen Klimas, während der Westen und der Süden — mit Ausnahme der Gebirge — allerdings milder temperirt gewesen sein mögen.

Lehm und Löss gehören vorzugsweise den oberen Stufen der pleistocänen Schichtenfolge an. Löss (Thallöss) überlagert die Glacialdrift (u. a. bei Dresden) und die vorgeschobenen Gletscher-Schuttmassen der Alpen (namentlich am Fuss der bayrischen Alpen). Zahlreiche Ausfüllungen des Bodens in Kalksteinhöhlen sind gleichzeitig mit dem Löss. Die Säugethier-Fauna Mittel-Europa's begriff um diese Zeit namentlich von Proboscidiern: *Elephas primigenius* Blum. — von Hufthieren: *Rhinoceros tichorhinus* Cuv. — *Equus caballus* Lin. — *Sus scrofa* L. — von Nagern: *Arctomys marmotta,* — von Wiederkäuern: *Bos primigenius* Boj. — *Cervus tarandus* — *Cervus hibernicus,* — von Raubthieren: *Ursus spelaeus* Rosenm. *Hyaena spelaea* Goldf. — *Felis spelaea* Goldf. — *Felis lynx* — *Canis lupus* —, *Canis vulpes.* — Nicht zu gedenken einer grossen Anzahl kleinerer Insectivoren Flederthiere, Nager u. s. w., die zum Theil der Bestimmung grössere Schwierigkeiten entgegensetzen.

Knochen-Höhlen sind häufig in Kalk- und Dolomit-Gebirgen und enthalten oft grosse Mengen von Säugethier-Knochen, namentlich aber ganze Skelette grosser Raubthiere und einzelne Skelett-Theile von Pflanzenfressern mit Spuren des Zahnes der Raubthiere, deren Beute sie waren und die nachmals selbst in derselben Höhle verendeten. Wie jetzt noch Bären, Löwen und andere grosse Raubthiere mit Vorliebe ihren Aufenthalt in Höhlen nehmen und in solche (was namentlich von Hyänen erwiesen ist) ihre Jagdbeute schleppen, war es auch in älteren Epochen. Aber nur die Höhlen der Diluvial-Epoche sind noch auf unsere Zeit erhalten — die der älteren Epoche bereits durch die fortdauernde Abtragung der Gebirgsoberflächen wieder verschwunden. Die ältesten bekannten Höhlen dürften kaum in das Zeitalter des Forest-bed zurückreichen, die meisten fallen sicher in die Zeiten nach der nordischen Drift und der grossen Hochgebirgs-Vergletscherung, wie die Identität ihrer Fauna mit der des Lösses erweist. Meist liegen die Knochen auf dem Boden der Höhlen in Lehm oder rothem lehmigem Ocher eingebettet und durch Kalktuffabsätze versteckt. Knochen der verschiedenartigsten Säugethiere liegen meist bunt durcheinander, oft auch zusammen mit deutlich erhaltenen Excrementen der grossen Raubthiere (Koprolithen, »*album graecum*«). Nicht selten auch haben die ältesten menschlichen Einwanderer Besitz von den Höhlen ergriffen, ihren Wohnsitz darin aufgeschlagen und ihre Mahlzeiten hier abgehalten. Schichten mit Spuren des Menschen nehmen dann gewöhnlich ihre Stelle über solchen mit Skeletten grosser Raubthiere ein, denn wo der Mensch einmal sich festgesetzt hatte, wurde er in der Regel von Raubthieren nicht leicht wieder abgelöst. Aber in manchen Fällen ist gleichwohl die Gleichzeitigkeit des Menschen mit der erloschenen Säugethier-Fauna daraus ersichtlich, dass Arten der letzteren den Mahlzeiten des Menschen zu Grunde lagen, z. B. die grossen Markknochen der Säugethiere aufgespalten erscheinen.

Man unterscheidet namentlich Bären- und Hyänen-Höhlen der Löss-Epoche. Ein ausgezeichnetes Beispiel einer Bären-Höhle ist die Gailenreuther Höhle bei Muggendorf in Franken, die eine lange Zeit hindurch vom Höhlenbären, *Ursus pelaeus* Rosenm. bewohnt wurde. Sie hat Reste von mehr als 800 Individuen von dieser Art geliefert. Neben Bärenresten fanden sich in dieser Höhle auch Gebeine von Hyänen, Wölfen, Füchsen u. s. w.

Andere Knochenhöhlen waren vorzugsweise der Aufenthalt von Hyänen.

Dies ist namentlich in England der Fall, wo die Höhlenhyäne, *Hyaena spelaea* Gf. weit häufiger als der Höhlenbär vertreten ist. Die Knochenhöhle von Kirkdale in Yorkshire lieferte Reste von mehr als 300 Individuen der Höhlenhyäne. (*Hyaena spelaea* Gf.) Neben den Knochen derselben fanden sich noch reichliche Koprolithen, aus zerkleinerter und verdauter Knochenmasse bestehend, ferner Knochen vom Elephanten, vom Nashorn, *Rhinoceros* — dem Flusspferd, *Hippopotamus* — dem Stier — dem Hirsch — dem Höhlentiger — dem Bär — dem Wolf u. s. w. — In Deutschland sind Hyänen-Höhlen selten. In der Hohlensteiner Höhle bei Brilon in Westphalen sind die Hyänen reichlicher als die Bären vertreten.

Andere Knochenhöhlen enthalten Gebeine und Zähne der verschiedensten Säugethiere in bunter Unordnung durcheinander gemengt, theilweise in abgerolltem Zustand und mit fremdartigen Geröllen zusammen abgelagert. Diese Knochen sind offenbar durch Regengüsse oder durch den Uebertritt benachbarter fliessender Wasser eingeführt, wie dies namentlich in Schlünden der Kalkgebirge z. B. in Griechenland, wo man sie *Katabothra* nennt, heute noch beobachtet wird. Solche Vorkommnisse erinnern sehr an das Auftreten der unteroligocänen Säugethierfauna in Höhlen und Klüften des Jurakalkes der Schweiz und Schwabens.

Eine erst ganz neuerdings (1880) bekannt gewordene diluviale Höhlenfauna ist die der Hochgebirge. Die Novi-Höhle in der hohen Tatra (Ober-Ungarn) in etwa 2000 Meter Meereshöhe ergab eine ganz seltsame Vergesellschaftung. Ausser vom Renthier fanden sich hier noch Knochen und Schädelstücke vom Lemming, *Myodes lemmus* (zahlreich) — dem Halsbandlemming, *Myodes torquatus* — der nordischen Wühlratte, *Arvicola ratticeps* — der sibirischen Zwiebelmaus, *Arvicola gregalis* — der Schneemaus, *Arvicola nivalis* — dem Hermelin, *Foetorius erminea* — dem Wiesel, *Foetorius vulgaris* — u. s. w. — Dieses Vorkommen deutet auf eine ehemalige Wohnstätte von grossen Raubvögeln und vielleicht auch von kleinen vierfüssigen Raubthieren, die hier ihre Beute zusammen schleppten.

Die Löss- und Höhlen-Fauna fällt schon in eine jüngere Zeit als die der nordischen Eisdrift und der Alles überwuchernden Vergletscherung der Hochgebirge. Die Kälte-Epoche in Nord- und Mittel-Europa, veranlasst von Hebungs- und Senkungsvorgängen im Umkreis der Nordpolar-Region Europas, Asiens und Nord-Amerikas — und in Folge deren — namentlich vom Vordringen der kalten Strömung des Eismeeres bis zur Linie Krakau, Harz und Calais — nahm mit anderen Hebungen und Senkungen, die vielleicht in ergänzender Weise für Europa und Nord-Amerika alternirten — ein Ende. Die norddeutsche und russische Ebene hob sich über den Meeresspiegel. Finland und Schwedisch-Lappland traten durch Hebung wie ein Damm zwischen das Eismeer einerseits, die Ostsee und Nordsee andererseits, während zugleich die wärmere atlantische Strömung aus SW. sich geltend machte und den britischen Inseln und Norwegen ein milderes Klima zuführte.

Damit trat in ganz Nord- und Mittel-Europa eine allmähliche klimatische Aenderung ein. Die mächtig angeschwollenen Gletscher-Mäntel der Hochgebirge schmolzen zurück. Die Flora verschob sich in Folge dieser klimatischen Aenderung. Wie sich dies in der Aufeinander-Folge der Waldvegetation ausprägte erörterten wir bereits (Artik. Kohlenbildungen II. pag. 191). Die nordische Säugethier-Fauna wich einerseits gegen Scandinavien und Sibirien zurück. Andererseits zogen sich kleinere Beträge derselben — wie das Murment, der Alpenhase, die

Gemse u. s. w. — auf die Hochgebirge, deren Flora auch noch jetzt so viele hochnordische Züge aufzuweisen hat.

Eine neue Landthier-Fauna — namentlich aus der gemässigten Zone von Sibirien und Süd-Russland — folgte der zurückweichenden Arktiker-Fauna nach — und damit kamen auch neue Züge menschlicher Einwanderer von bereits höherer Kulturstufe, kräftige Jagdvölker, die von der Jagd des Rennthieres und des Pferdes lebten und gelegentlich auch mit dem Höhlenbären, dem Höhlentiger und dem Mammuth den Kampf aufnahmen.

Der glacialen Pleistocän-Epoche gehört das in seinen ersten Spuren noch sehr wenig festgestellte Auftreten des Menschen in Europa an. Die ältesten Anzeigen, in roh bearbeiteten Steingeräthen bestehend, werden aus dem Sand- und Gerölle-Lager von St. Prest bei Chartres (Horizont des Forestbed) angegeben, weiterhin aus dem diluvialen Sand von Mosbach bei Wiesbaden, der die letzten Reste des Flusspferdes in Deutschland *(Hippopotamus major)* und zugleich schon die des Rennthieres *(Cervus tarandus)* enthält. Sicher ist die Gegenwart des Menschen im Löss- und der diesem gleichzeitigen Höhlen-Fauna, dem Zeitalter der reichlichsten Vertretung des Rennthieres, des Höhlenbären, der Höhlenhyäne u. s. w.

Im ersten Beginn unsicher und mannigfacher Auslegungen noch fähig, wachsen dann die Zeugnisse vom Dasein und dem Betriebsfleisse der ältesten bis jetzt auf geologischem Wege documentirten Völker. Aber auch diese Nachweise beschränken sich auf einen sehr geringen Theil des Festlandes und fallen vorzugsweise auf die am genauesten untersuchten Länder, namentlich Frankreich, England und Deutschland, wo sie allerdings durch eine Reihe von Schichten bis zum Beginn des geschichtlichen Zeitalters sich verfolgen lassen. Von anderen Theilen der Erde wissen wir in dieser Hinsicht bis jetzt erst sehr wenig oder noch gar nichts, jedenfalls noch nichts Entscheidendes. Namentlich haben die äquatorialen Regionen von Asien und Afrika, in denen man entscheidende Aufschlüsse über den ersten Ursprung des Menschen — in den älteren Pleistocän- und den jüngeren Tertiär-Ablagerungen — erwarten sollte — bis jetzt noch fast gar keine derartigen Documente gebracht.

Zahlreiche, gut bestätigte Funde von Resten der ältesten Einwanderer in Europa — bald Schädel und Gebeine, bald Stein- und Knochen-Geräthe — haben namentlich Frankreich, England und Deutschland geliefert. Sie stammen bald aus Flussabsätzen, wie die Funde von Amiens und Abbéville, welche zuerst das fossile Vorkommen von Menschen-Resten und Geräthen entscheidend darlegten, bald, wie eine Menge von anderen Aufdeckungen aus Höhlen, die entweder als Wohnstätten oder zum Begräbniss dienten, bald endlich von eigenen Wohnstätten — muthmaasslich Hütten oder Zelten von Holzwerk, Reisig und Häuten.

Die alten Wohnstätten des Menschen der Renthier-Zeit in Frankreich, namentlich in Perigord, haben wiederholt Renthier-Geweihe und Elfenbeinplatten mit Eingravirung von Renthieren, Elephanten u. s. w. geliefert. Es sind öfter Zweifel an der Echtheit dieser Funde erhoben worden, aber gewichtige Stimmen verbürgten sich von Anfang an für dieselben. Die Arbeiten selbst zeigen Uebereinstimmung in Einzelheiten, die sehr für die Echtheit der Funde sprechen, die also wirklich als Erzeugnisse des Kunst- und Gewerbefleisses einer der ältesten europäischen Bevölkerungen gelten dürfen. So erhielt LARTET 1864 bei Ausgrabungen an der Madelinae, Dept. de la Dordogne (Landschaft Perigord), nach-

dem vorher hier schon verschiedene Thierbilder theils auf Renthiergeweihen, theils auf Knochen vorgekommen waren, eine Elfenbein-Platte mit einer Eingravirung, welche einen langmähnigen Elephant in wenigen deutlichen Zügen darstellt. Sie zeigt namentlich auch in der Halsgegend ein Bündel von herabhängenden Grannenhaaren und erinnert überhaupt vielfach an die im Jahre 1799 in der Nähe der Lena-Mündung gefundene und vom Petersburger Akademiker Adams beschriebene, wohlerhaltene Leiche eines Mammuths, dessen Haut noch reichliches Haar von zweierlei Sorte trug.

In Deutschland ist eines der ausgezeichnetsten Beispiele der Fund von Schussenried am Bodensee (1867). Es fanden sich hier in einer Schichte von moosigem Torf — mit Moosarten, die der heutigen alpinen und hochnordischen Flora entsprechen — mancherlei Geräthe, namentlich aus Renthiergeweihen und Feuerstein (Flint), sowie zahlreiche Knochen, die von Jagdbeute und Mahlzeiten herrühren, z. B. aufgeschlagene Röhrenknochen. In der Säugethier-Fauna dieser Cultur-Schicht sind zu Schussenried vertreten: das Renthier, *Cervus tarandus* — das Pferd, *Equus caballus* — der Fjellfrass, *Gulo spelaeus* Gf. — der Bär, *Ursus arctos* u. s. w. Das Alles deutet auf ein Zeitalter von hochnordischer Kälte und beiläufig auf ein Klima wie das des heutigen Lapplandes und des nördlichen Sibiriens. Das Hauptjagdwild des Menschen, der damals am Bodensee hauste, war das Renthier, auch wohl das Pferd.

Wir wenden uns jetzt von den diluvialen oder pleistocänen Ablagerungen von Europa und ihren Einschlüssen zu den gleichzeitigen Bodenbildungen anderer Erdtheile.

Das nördliche Sibirien bis zur Eismeerküste mit den davor gelegenen flachen Inseln ist reich an Resten der diluvialen Säugethier-Fauna vom hochnordischen Charakter, ähnlich wie er noch heute herrscht. In der That kann man auch sagen, dass die Eiszeit, die für Mittel-Europa längst ein Ende nahm, für Sibirien seit jener Epoche unverwandt fortgedauert hat und das Klima hier seitdem nicht viel abänderte. Besonders ist der Elephant im nördlichen Sibirien in so reichlicher Menge und — in Folge des Schutzes durch den gefrorenen Boden — in so vorzüglicher Erhaltung vertreten, dass seine Stosszähne noch Gegenstand eines lebhaften Handelsverkehrs sind und noch ähnlich wie die der lebenden Arten verarbeitet werden können. Ein grosser Theil des heute in den Handel kommenden Elfenbeins stammt von diesem sibirischen Elephanten oder Mammuth, der mit dem in Löss, Flussgeröllen und Höhlen von Mittel-Europa vertretenen *Elephas primigenius* Blum. specifisch identisch ist und dem lebenden indischen Elephanten *Elephas indicus* Lin. noch sehr nahe steht.

An der Mündung der Lena zum Eismeer fand sich gegen Anfang dieses Jahrhunderts oder bereits im Jahre 1799 im gefrorenen Boden die fast vollständige Leiche eines Mammuths mit zweierlei Behaarung. Seine Haut war mit einem dichten wolligen Haarkleid bedeckt, aus welchem noch ein längeres borstiges Haar hervorstand. Das lange Grannenhaar bildete am Halse und auf dem Nacken eine lange, vielleicht bis gegen die Knie herabreichende Mähne. Das Fleisch war noch theilweise so gut erhalten, dass es Wölfen und Hunden zum Frass diente. Im Jahre 1806 sammelte der russische Akademiker Adams, was davon noch übrig war. Das in Petersburg aufgestellte Skelett dieses Mammuths ist von der Stirn bis zur Schwanzspitze 5,5 Meter lang und hat dabei eine Höhe von 3,1 Meter.

Auch vom zweihörnigen sibirischen Nashorn, *Rhinoceros tichorhinus* Cuv.,

fand man gegen Ende des vorigen Jahrhunderts im gefrorenen Boden am Wilui-Flusse unterhalb von Jakutsk (64° N. B.) eine noch mit Fleisch, Haut und Haaren versehene Leiche, deren Skelett zum Theil nach Petersburg gebracht wurde.

Auffallender Weise sind gerade am nördlichsten Rande von Sibirien, an den Mündungen der Lena und Indigirska, auf Neu-Sibirien und der Lächow-Insel (76° N. Br.) die Elephanten-Reste am häufigsten. Auch nehmen vom Inneren Sibiriens an gegen die Eismeerküste Grösse und Gewicht der Knochen und Stosszähne schrittweise ab. Man kann daraus entnehmen, dass die Leichen der Thiere von übertretenden Strömen aus den südlicheren Gras- und Waldregionen herabgeschwemmt wurden und im Sand- und Schlammboden seichter Aestuarien sich zu Boden setzten. Dies war eine Zeit allmählicher Senkung in Sibirien. Später trat eine Hebung wieder ein, während welcher die Flüsse ihr Bett tiefer einnagten und somit die vordem von ihnen abgesetzten Schichten mit Elephanten-Resten bloslegten. Das Klima Sibiriens mag dabei nur wenig geschwankt haben. Der Mammuth in Sibirien war jedenfalls Bewohner eines kalten rauhen Klimas, wozu ihn auch sein warmes Haarkleid befähigte, aber er muss in einem Wald- und Wiesengebiet gelebt haben und kann nicht in einer Eiseinöde seine Nahrung gefunden haben. Noch jetzt giebt es in Sibirien unter einem Breitengrade (64° N. Br.), wo die mittlere Jahrestemperatur der Luft unter den Gefrierpunkt fällt und der Boden so vollständig gefroren ist, dass er eingegrabene Thierleichen unverwest forterhält, gleichwohl grosse Wälder von Birken, Tannen, Lärchen, Espen u. s. w. In einer solchen Region kann auch der Mammuth mit dem Nashorn gelebt haben. Die pleistocäne Glacialfauna Sibiriens kommt fast ganz mit der in Mittel-Europa in Löss und Höhlen vertretenen überein und enthält namentlich *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Bos moschatus*, *Cervus hibernicus* u. s. w.

Nord-Amerika hatte im Lauf der pleistocänen Epoche gleich dem nördlichen Europa und Asien sein glaciales Zeitalter, aber es fragt sich, ob es mit dem der alten Welt vollkommen gleichzeitig war oder zu demselben in einem alternirenden Verhältniss stand. Für letztere Annahme spricht das noch heute an den atlantischen Küsten beider Erdtheile in gleichen Breiten sehr ungleiche Klima. Das der Westküste von Nord-Europa ist bekanntlich viel milder als das der entsprechenden Breiten der Ostküste von Nord-Amerika. (Man vergleiche das Klima von Bergen in Norwegen mit dem der gleichen Breite in Labrador.) *Elephas primigenius* scheint nur im äussersten Nordwesten von Nord-Amerika, namentlich im gefrorenen Boden der Eschscholz-Bai (66° N. Br.) vorzukommen, wo ihn das Renthier, der Moschusochse u. a. Arten begleiten.

In den südlicheren Gegenden von Nord-Amerika lebten in der Diluvialepoche einige Elephanten in Gesellschaft von Mastodonten und Megatherien, namentlich *Elephas americanus* Leidy, der nächste Verwandte des in Nord-Asien und Europa vielverbreiteten *E. primigenius* und wahrscheinlich sein klimatischer Vertreter in einer wärmeren Zone. Mit ihm erscheinen Reste von Ochsen, Pferden, Hirschen u. s. w. Nicht vertreten in der nordamerikanischen Diluvial-Fauna sind *Rhinoceros*, *Hippopotamus* und *Hyaena*. Diese Gattungen erreichten das amerikanische Gebiet überhaupt zu keiner Zeit.

Dagegen erscheinen hier zahlreiche Vertreter der gleichzeitig im wärmeren Theile von Nord-Amerika und in fast der ganzen Ausdehnung von Süd-Amerika reich an Gattungen und Arten entwickelten Edentaten-Fauna, namentlich riesige grobknochige Gravigraden, Verwandte der heutigen viel kleineren Faulthiere wie *Megatherium Cuvieri* Desm. — *Mylodon Harlani* Owen — *Megalonyx Jeffersoni*

Harl u. a. — Sie überschreiten in Nord-Amerika in der Regel die Alleghany-Gebirge nicht, die damals eine gewisse klimatische Grenze dargestellt haben mögen, wie sie auch noch jetzt in dieser Hinsicht sich geltend machen. Alle nordamerikanischen Edentaten sind seither wieder erloschen, sei es durch den Einfluss der polaren Abkühlung, sei es durch andere äussere Anstösse. Die heutige Fauna von Nord-Amerika hat keine Edentaten mehr aufzuweisen, selbst in Mexiko fehlen sie heute vollständig.

Es geht aus Allem zunächst hervor, dass in Nord-Amerika in der Diluvial-Epoche zwei Faunen besonderer thiergeographischer Provinzen mit einander in Berührung standen, weiterhin auch, dass Wanderungen aus einer in die andere statt hatten. Im nördlicheren Theile, beiläufig bis zu den Alleghany-Höhen lebte die Fauna des circumpolaren (arktischen) Gebietes mit europäischen und asiatischen Typen, die aber nur über einen kleineren Strich im äussersten Nordwesten noch den Mammuth aufzuweisen hatte, während ihr Nashörner, Flusspferde und Hyänen ganz abgingen. Weiter südlich aber in den Unionsstaaten lebte eine zum grossen Theile ganz anders zusammengesetzte Säugethier-Fauna, die namentlich reich an Edentaten war und der des heutigen Süd-Amerika näher sich anschliesst.

Ueber die Herkunft dieser südlicheren Fauna sind sehr abweichende Meinungen an den Tag getreten. Man hat erst die Edentaten als Autochthonen von Süd-Amerika, auch wohl älterer antarktischer Festlandgebiete gedeutet, die im Beginn der Pleistocänepoche über eine neue Festlandbrücke (Mittel-Amerika) nach Norden sich vorschoben und aus dem damals neu gewonnenen Verbreitungsgebiet bald wieder durch die wachsende polare Abkühlung zurückgedrängt wurden.

Aber seitdem haben die geologischen Aufnahmen in den Rocky Mountains zu einer ganz anderen Deutung geführt. Marsh beschreibt uns aus den mittleren Tertiärschichten des westlichen Nord-Amerikas eine Anzahl neu aufgefundener Edentaten-Gattungen, wie *Moropus* (miocän) und *Morotherium* (unterpliocän) und leitet von ihnen die späteren zum Theil riesenhaften Edentaten des südlichen Unionsgebietes und Süd-Amerika's ab. Er erblickt in Nord-Amerika den älteren Heerd der Edentatenfauna und nimmt an, dass diese erst gegen Beginn des Pleistocän-Zeitalters über die damals aus dem Meere emporgehobene Landenge von Darien ihren Einzug in Süd-Amerika hielt und hier günstigere Lebensbedingungen als in ihrem ursprünglichen Stammland fand. Ueber das Alles sind die Acten noch nicht geschlossen.

Das Pferd war noch in der Diluvialepoche in Nord-Amerika wie auch in Süd-Amerika reichlich und in mehreren Arten vertreten. Es starb aber in beiden Provinzen aus. Es wurde erst von den Spaniern zu Ende des 15. Jahrhunderts und den übrigen Seefahrern auf amerikanischem Gebiet neu wieder eingeführt. Alle diluvialen Pferde Amerikas gehören anderen Arten an. Gleichwohl bleibt es merkwürdig, dass das Pferd mit Ende der pleistocänen Epoche in einem Verbreitungsgebiete erlosch, dessen Klima und anderweite Lebensbedingungen jetzt seinem Fortkommen nicht im Wege stehen. Dieser Fall ist für die jüngsten geologischen Epochen nicht alleinstehend. (Es können dabei scheinbar unerhebliche Umstände z. B. Fliegen und Bremsen im Spiele gewesen sein.) Das amerikanische Pferd oder krummzähnige Pferd, *Equus curvidens* Owen, bewohnte in der Diluvialepoche Nord-Amerika und Süd-Amerika zusammen mit Megatherien und Mastodonten. Seine Mahlzähne sind etwas mehr gebogen als bei den verwandten Arten. Es ist aber hier wieder ausgestorben — zusammen mit den Megatherien — während das ähnliche aber specifisch verschiedene europäisch-

asiatische Pferd *Equus caballus* LIN. sich in seinem Verbreitungsgebiet bis zum Auftauchen des Menschen am Leben erhielt und schliesslich von ihm als Hausthier über alle cultivirbaren Festlandgebiete ausgebreitet worden ist.

Die Mastodonten tauchen nach den Erhebungen von O. C. MARSH in Nord-Amerika zuerst im unteren Pliocän auf, während sie in Europa schon im Miocän vorkommen. Sie sind also in Amerika Einwanderer — sei es aus Asien oder aus der Polarregion. In den Megatherienschichten des südlichen Nord-Amerika sind die Mastodonten reichlich und reichen in dieser Region auch nach Süd-Amerika. Besonders merkwürdig ist das späte und noch sehr häufige Auftreten des letzten der Mastodonten, des *Mastodon giganteus* CUV. in den jüngeren Diluvialablagerungen (Sand, Kies, Thon, Torf) von Nord-Amerika, namentlich in den nordöstlichen Unionsstaaten und im angrenzenden Theile von Canada. Diese Art lebte in Nord-Amerika noch fort, als in Europa die Gattung *Mastodon* (mit *Mastodon arvernensis* CROIZ., das mit Schluss des oberen Pliocän verschwindet) schon lange erloschen war — und erlosch auch hier noch vor Beginn der geschichtlichen Zeit. Man kennt aus dem Boden von Torfmorästen und anderen sehr späten Bodenschichten der östlichen Staaten (New-York, New-Jersey u. s. w.) wie auch des Missouri-Gebietes zahlreiche Funde vollständig erhaltener Skelette. Die Länge des Thieres beträgt gegen 6 Meter, die Höhe gegen 4 Meter. Die Stosszähne des Oberkiefers erreichen bis 4 Meter Länge. Die des Unterkiefers bleiben klein und fielen meist frühe aus. Die Verbreitung dieser letzten Mastodon-Art umfasste namentlich die nördlicheren Regionen der östlichen Unionsstaaten; auf den westlichen Gebieten erscheint sie seltener. Es ist wohl möglich, dass ihr Erlöschen mit der Einwanderung des Menschen in jenen Gegenden zusammen fiel.

Süd-Amerika hatte in der Diluvialepoche eine reiche und durch viele besondere Typen ausgezeichnete Säugethierfauna, deren Reste namentlich in den ausgedehnten Ablagerungen von Lehm und Thon in den Pampas des La Plata-gebietes und in ähnlicher Weise auch in den Knochenhöhlen von Brasilien abgelagert erscheinen.

Die Edentaten spielen hier die Hauptrolle und erscheinen durch zahlreiche, zum Theil eine riesenhafte Grösse erreichende Gürtelthiere z. B. *Glyptodon* und schwerfällige riesenhafte Gravigraden, die nächsten Verwandten der heutigen kleineren baumbewohnenden Faulthiere z. B. *Megatherium* vertreten. Mit ihnen lebten in den weiten Ebenen von Süd-Amerika zahlreiche Heerden eines Pferdes, einige Mastodonten, auch Lama-Arten, Tapire u. s. w. Raubthiere fehlten auch hier nicht, namentlich erscheint in Höhlen von Brasilien die letzte *Machaerodus*-Art (*M. neogaeus* OWEN). In Europa erlosch diese einst weit ausgebreitete räuberische Katzengattung um eine Stufe früher.[1]) *Elephas* reicht in Amerika nur bis

[1]) Auch eine Anzahl anderer Raubthiere, namentlich Arten von *Canis* und *Felis* gelangten damals mit derselben Reisegesellschaft aus Nord-Amerika (wenn nicht schon aus Ost-Asien) bis in die letzten Ausläufer von Süd-Amerika und behaupteten sich hier. Dahin gehört z. B. das vereinsamte Vorkommen eines Fuchses, *Canis antarcticus* auf den Falklandsinseln oder Malvinen. Er ist der nächste Verwandte des patagonischen Fuchses, *Canis Magellanicus* von Chile und Patagonien. Sie können nur Abkömmlinge eines Fuchses sein, der zur Zeit des oberen Pliocän oder bald darnach mit Mastodonten, Hirschen, grossen Katzenarten u. s. w. über Mittel-Amerika in Süd-Amerika einwanderte. Damals müssen entweder die Malvinen noch ein Theil des Festlandes von Süd-Amerika gewesen sein, den erst eine seitherige Senkung davon abtrennte, Oder der Malvinenfuchs gelangte, wie CH. DARWIN annahm, durch Treibeis in seine dermalige Heimath.

Texas und Mexiko und scheint Süd-Amerika nie erreicht zu haben. Nashörner, Flusspferde und Hyänen fehlten jederzeit in Süd- wie in Nord-Amerika.

Gleichzeitig mit den Pampasthonen der La Plata-Regionen und Patagoniens sind die knochenführenden Lager der Kalksteinhöhlen von Brasilien. Hier sind die breitnasigen Affen (Platyrrhinen), die auch in der heutigen Schöpfung allein der süd- und mittelamerikanischen Fauna angehören, durch mehrere Arten vertreten — nach der Annahme von MARSH aber auch Nachkommen ehemaliger Auswanderer aus Nord-Amerika. In diesen Knochenhöhlen Brasiliens fanden sich auch die Reste der letzten Art der erloschenen Felidengattung *Machaerodus*.

Wenn auch angenommen worden ist, dass in der Diluvialepoche Edentaten der süd-amerikanischen Säugethierfauna in Nord-Amerika bis zu den Alleghany-Bergen und noch über diese hinaus vordrangen, um in diesem Gebiet nachmals wieder zu erlöschen — MARSH hat wie gesagt den Spiess umgedreht — so sind in Süd-Amerika doch sicher Gattungen vertreten, die offenbar aus der durch arktische Festlandverbindungen einst mit Asien und Europa zusammenhängenden nordamerikanischen Verbreitungsprovinz stammen, in Süd-Amerika einwanderten und wieder erloschen. Ihre Urheimath kann in Asien und in der unerforschten Polarregion gesucht werden, von da strahlten sie weit nach Süden aus, in Amerika bis zur antarktischen Kältezone vordringend. Dahin gehören namentlich die Mastodonten der südamerikanischen Diluvialfauna, *Mastodon Andium* CUV. und *M. Humboldti* BLAINV. Ihre Gebeine finden sich sowohl auf den Anden (*M. Humboldti* unter anderm auf dem Riesenfeld, Campo de gigantes, zu Santa Fé di Bogota in Neu-Granada in 2500 Meter Meereshöhe), als auch in den Pampas von Buenos Ayres. Es sind offenbar in Süd-Amerika mit Ende der Diluvialepoche erloschene Abkömmlinge älterer asiatischer Einwanderer. Der Tapir stammt ebenfalls unverkennbar aus dem nördlichen Gebiet, vielleicht einem ehemaligen circumpolaren Strich der Nordpolarregion, aus dem er aus Europa, Asien und Amerika ausstrahlte. Er hat sich in Süd-Amerika in einer der ostindischen sehr nahe stehenden Art, *Tapirus americanus*, wenn nicht in zwei Arten forterhalten. Auch die südamerikanischen Pferde sind Einwanderer aus Nord-Amerika — und wohl in weiterer Linie aus der Circumpolarregion. Erst nach der Pliocänepoche über die Landenge Darien vorgedrungen und in den Pampas zu reichlichen Heerden angewachsen, sind sie inzwischen hier wieder erloschen und das heerdenweise verwilderte Hauspferd tummelt sich jetzt an ihrer Stelle auf denselben Weideflächen.

Ob sich unter den Gliedern der diluvialen Säugethierfauna von Süd-Amerika auch südamerikanische Autochthonen befinden, die nie in Nord-Amerika sassen, ist noch einigermaassen zweifelhaft. Man vermuthet es namentlich von den Gattungen *Toxodon*, *Nesodon* und *Macrauchenia*.

Vorgeschichtliche Spuren vom Menschen kennt man aus Nord- und Süd-Amerika. Sie werfen aber noch nicht viel Gewicht in die Wagschale. O. C. MARSH nimmt an, dass schon in der Pliocänepoche der Mensch aus Asien über eine an der Stelle der heutigen Beringsstrasse befindliche Festlandbrücke — in Gefolge von Mastodonten, Elephanten, hohlhörnigen Wiederkäuern, Bären u. s. w. — in das nordwestliche Gebiet von Nord-Amerika einwanderte.

Die quartäre Fauna von Süd-Asien und von Afrika ist minder bekannt. Wir sehen von ihr ab.

A u s t r a l i e n war in der Diluvialepoche, wie dies noch in der Jetztwelt der Fall ist, die Heimath einer fast ausschliesslichen Beutelthierfauna von einer

mannigfachen Differenzirung in Pflanzenfresser, Insectenfresser und Fleischfresser, die der der Placentalen sehr analog ist. Diese auffallende Zusammensetzung der Säugethierfauna erweckt die Erinnerung an die der Jura-Epoche und die Didelphenfunde von Stonesfield, Purbeck u. a. O. Vielleicht hat sich von der jurassischen Zeit an die Beutelthierfauna, die muthmaasslich damals über alle Festlandgebiete verbreitet war, in Australien in abgeschlossener Weise forterhalten und bis auf den heutigen Tag, ohne dass je eine volle Verbindung mit dem Verbreitungsgebiet der Placentalfauna eintrat, fortentwickelt. Australien würde dann als derjenige Erdtheil erscheinen, in dem seit der Jura-Epoche der mindeste Betrag geologischer Veränderungen stattfand, die Säugethierwelt am gleichmässigsten sich forterhielt und auf einer geringeren Ausbildung stehen blieb. Damit in Einklang würden auch eine Reihe anderer Erscheinungen stehen, zunächst das Vorkommen der Monotremen in Australien, dann das Vorkommen des Lurchfisches *Ceratodus* in Seen Australiens, endlich auch das von *Cestracion* und *Trigonia* im benachbarten Meeresgebiete. Aber viele Fäden, deren es zum Abschluss einer bestimmteren Deutung von Funden und Vorgängen bedürfte, fehlen uns derzeit noch. Die bessere Darlegung des eigentlichen Sachverhaltes bleibt späteren Zeiten und reichlicheren Funden vorbehalten.

Die diluviale oder pleistocäne Säugethier-Fauna von Australien begreift, gleichwie noch heute marsupiale Nager, Herbivoren, Insectivoren und Raubthiere. Die Pflanzenfresser wurden ähnlich wie in den übrigen thiergeographischen Festlandgebieten durch räuberische Fleischfresser im Gleichgewicht erhalten, aber die besonderen Ordnungen gelangten nicht zu demselben Grade der Ausprägung wie in der alten Welt und in Amerika, wo sie durch mannigfache Aus- und Einwanderungen eine höhere Steigerung erfuhr. Wohl aber bemerkt man auch in Australien unter den fossilen Formen riesige Gestalten, welche jetzt erloschen sind und ihre heutigen Vertreter an Wuchs weit überboten. Die meisten Säugethier-Funde in Australien stammen aus den Knochenhöhlen im Kalksteingebiete des Wellington-Thales (Macquarie-Fluss an der Westseite der blauen Berge). Das Vorkommen ist ähnlich wie das in Europa, die Knochen sind häufig gebrochen, aber nicht abgerollt, also wahrscheinlich von Raubthieren eingeschleppt. Andere Säugethier-Funde stammen aus dem Bodenabsatz von Thälern (Ebene der Darling-Downs).

Die Känguruhs, Familie *Halmaturidae*, sind reichlich vertreten. Zwei Arten, *Macropus Titan* und *M. Atlas* überboten das grösste lebende Säugethier Australiens, das grosse Känguru *(Halmaturus giganteus*, 1,9 Meter hoch), noch um ein namhaftes an Grösse. Noch auffallender sind die beiden in riesigen Gestalten auftretenden erloschenen Gattungen *Diprotodon* und *Nototherium*, die sich den Halmaturiden am nächsten anschliessen, aber mehr den Wuchs der grossen Pachydermen besassen und wohl Vertreter zweier besonderen Familien sein mögen. *Diprotodon australis* OWEN aus den Darling-Downs war ein pflanzenfressendes Beutelthier, das an Grösse und Wucht des Knochenbaues zwischen Nashorn und Flusspferd stand. Der vollständig erhaltene Schädel erreicht ein Meter Länge. Der Oberschenkel *(femur)* gleicht dem der Mastodonten. Mächtige meiselförmige Schneidezähne erweisen, dass das Thier schwächere Bäume und Aeste zerbeissen konnte, um das Laubwerk zu erreichen. Die Vordergliedmaassen lassen die Beweglichkeit von *ulna* und *radius* erkennen, was auf Analogie mit den amerikanischen Megatherien deutet. Die Backenzähne sind denen der Tapire und Dinotherien einigermaassen ähnlich, gleichwie die der

Halmaturiden. *Nototherium Mitchelli* OWEN war ein ähnliches grosses Beutelthier, den Känguruhs am nächsten verwandt, aber grossen Dickhäutern ähnlich gestaltet, an Grösse dem *Diprotodon* nur wenig nachstehend.

Auch einige andere Ordnungen pflanzenfressender Beutelthiere erscheinen in Australien fossil vertreten. *Phascolomys gigas* war ein älterer Vertreter des heutigen Whombat *(Phascolomys ursina)*, übertraf ihn aber weit an Wuchs und erreichte die Grösse des Tapirs (Ordnung *Marsupialia rhizophaga* s. *Glirina*, Nagebeutelthiere).

In drei Gattungen *Dasyurus*, *Thylacinus* und *Thylacoleo* ist in den pleistocänen Ablagerungen von Australien die Ordnung der Beutelraubthiere *(Marsupialia carnivora*, s. *creophaga)* vertreten. *Thylacinus spelaeus* vertritt in der pleistocänen Fauna den jetzt auf Australien erloschenen, auf der benachbarten Insel Tasmanien noch fortlebenden, in neueren Jahren fast ausgerotteten Beutelwolf, ein Raubthier von der Grösse unseres Wolfes. Merkwürdiger ist die erloschene Gattung *Thylacoleo*. Ein fast vollständiger Schädel von *Thylacoleo carnifex* OWEN deutet auf ein grimmiges Raubthier von fast der Grösse des Löwen, gehörte aber wie eine Reihe von Einzelheiten des Schädelbaues zeigen, auch der Beutelthier-Klasse an. Hierauf deutet u. a. die geringe Grösse des Hirns. Die Reisszähne *(carnassiae teeth)* denen der grossen Katzenarten ähnlich, haben über zwei Zoll (6,5 Centim.) Länge. Der Unterkiefer scheint mächtige Eckzähne geführt zu haben.

In ähnlicher Weise wie Australien muss während der jüngeren geologischen Epochen auch die Insel-Gruppe von Neuseeland abgeschlossen gewesen sein. Sie hat gleich den meisten Inseln des australisch-pacifischen und antarktischen Meeresgebietes — ausser Flederthieren — fast gar keine alteinheimische Säugethiere aufzuweisen.

Aber das Vorkommen von zahlreichen Resten von zwei erloschenen Gattungen mächtiger straussartiger Vögel, von den Eingeborenen Moa's genannt, *Dinornis* und *Palapteryx*, deutet auf einen ehemaligen viel älteren Zusammenhang Neuseelands mit einem grösseren wieder versunkenen antarktischen Festlandgebiete. Ausgerottet wurden sie von den erst vor einigen Jahrhunderten auf Neuseeland eingewanderten Maori's, kurze Zeit vor Ankunft der ersten europäischen Seefahrer.

Von einem ehemaligen grösseren antarktischen Festland-Gebiete dürften die *Dinornis*-Arten von Neuseeland, sowie die Strausse von Australien, Sumatra, Afrika und Süd-Amerika ausgegangen sein. Der Vorgang der Uebertragung dieser weithin versprengten — und in systematischer Hinsicht nahe verwandten — Arten nach so sehr entlegenen Festlandgebieten mag allerdings mannigfach zusammengesetzt gewesen sein. Er kann in die Kreide-Epoche zurückreichen, denn in der Eocän-Epoche erscheint sogar in Frankreich eine vorgeschobene Art aus der Verwandtschaft der Strausse *(Gastornis)*. Das Problem greift tief ein in die geologische Geschichte der Continente und ihrer Faunen, ist aber noch weit von einer auch nur annähernden Lösung.

Quarz

von

Prof. Dr. **Kenngott.**

Der Quarz, das Siliciumdioxyd SiO_2 oder das Kieselsäureanhydrid, gewöhnlich als krystallinische Kieselsäure bezeichnet, ist eine der am häufigsten vorkommenden Mineralspecies, welche in jeder Beziehung, besonders durch Mannigfaltigkeit der Varietäten ausgezeichnet ist. Er krystallisirt hexagonal und zwar trapezoedrisch-tetartoedrisch und seine Krystalle finden sich als aufgewachsene und eingewachsene von sehr verschiedener Grösse, mikroskopisch klein bis zur Schwere von mehreren Centnern und erscheinen in der Regel auf den ersten Blick nicht mannigfaltig in der Ausbildung seiner Combinationen. Die gewöhnlichste Combination ist die eines hexagonalen Prisma und einer hexagonalen Pyramide in gleicher Stellung, deren Endkantenwinkel $= 133^\circ 44'$ ist. Die Pyramidenflächen bilden mit den Prismaflächen den Neigungswinkel $= 141^\circ 47'$; die Prismenflächen sind in der Regel horizontal gestreift, sehr fein bis stark gekerbt. Diese gewöhnliche Gestaltung der Quarzkrystalle, besonders der Bergkrystall genannten Varietät hob schon PLINIUS als bemerkenswerth hervor.

(Min. 282—284.)

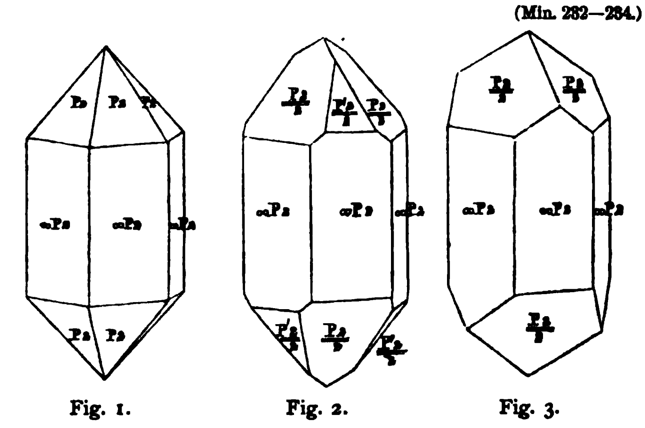


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Da nun bei hexagonalen Krystallen so einfacher Gestaltung die Stellung von Prisma und Pyramide als normale oder diagonale aufgefasst werden konnte, so zog man vor, die Stellung als normale zu wählen und bezeichnete die Combination als solche von ∞P mit P, wogegen das Vorkommen gewisser in den Combinationen untergeordnet auftretender Gestalten die Annahme der diagonalen Stellung rechtfertigt (s. A. KENNGOTT, über die Krystallgestalten des Quarzes und die trapezoedrische Tetartoedrie des hexagonalen Systems, im neuen Jahrb. der Min., Geol. u. Paläontologie 1875, pag. 27).

In dieser Stellung ist nun das Prisma und die Pyramide diagonal (s. Fig. 1) und zwar die letztere als $P2$ zu bezeichnen, das Prisma als $\infty P2$. Abgesehen davon, dass in den Combinationen $\infty P2 \cdot P2$ meist die Prismenflächen vorherrschend sind, doch auch untergeordnet vorkommen, die Krystalle lang- bis kurzprismatisch sind, sich auch die Pyramide $P2$ allein findet, bemerkt man, dass die abwechselnden Pyramidenflächen in der Grösse der Flächen wechseln, die rhomboedrische Hemiedrie der diagonalen Pyramide $P2$ ganz entschieden ausgeprägt ist, wodurch die Krystalle die Combination des diagonalen Prisma $\infty P2$ mit dem Rhomboeder $\frac{P2}{2}$ und dem Gegenrhomboeder $\frac{P'2}{2}$ darstellen (Fig. 2), selbst sogar nur die Combination $\infty P2 \cdot \frac{P2}{2}$ (Fig. 3). Der Endkantenwinkel des Rhomboeders

diagonaler Stellung $\frac{P2}{2}$ ist $= 94° 14\frac{1}{2}'$. Ausser den angeführten Gestalten, welche in der relativen Ausdehnung der Flächen sehr wechseln, finden sich noch verschiedene andere untergeordnet, welche sogar oft an den sogen. Bergkrystallen gesehen werden, zum Theil flächenreiche Combinationen ergebend und der Gegenstand interessanter Studien über die Krystallgestalten des Quarzes geworden sind. Namentlich finden sich oft spitzere diagonale Rhomboeder $\frac{\breve{m}P2}{2}$ und $\frac{\breve{m}P'2}{2}$, welche die Combinationskanten zwischen $\frac{P2}{2}$ oder $\frac{P'2}{2}$ mit $\infty P2$ schief abstumpfen. Ja es finden sich sogar solche spitze Rhomboeder so vorherrschend ausgedehnt, dass die aufgewachsenen Krystalle als spitz dreiseitig pyramidale endigen, immer aber dabei noch am Ende die Flächen von $\frac{P2}{2}$ und $\frac{P'2}{2}$ zu sehen sind. Als spitzere Rhomboeder fanden sich solche mit den Werthen $m = 3, \frac{7}{2}, 4, 7, 11$ u. a.

Häufig findet sich die trigonale Pyramide $\frac{\frac{3}{2}P}{2}$, welche bei gleicher Ausbildung der beiden Rhomboeder $\frac{P2}{2}$, also in der Combination $\infty P2 \cdot P2$ (Fig. 1) die Combinationsecken an drei abwechselnden Prismenkanten abstumpft, die Abstumpfungsflächen gerade auf den Prismenkanten aufgesetzt, wobei die Combinationskanten zwischen $\frac{\frac{3}{2}P}{2}$ und $P2$ parallel den Endkantenlinien von $P2$ sind und diese Flächen als Rhomben erscheinen, mit $P2$ den Combinationskantenwinkel $= 151° 6'$ und mit den Prismenflächen den CK-Winkel $= 142° 2'$ bilden. Bei der rhomboedrischen ungleichen Ausbildung bilden die Flächen $\frac{\frac{3}{2}P}{2}$ Abstumpfung der Combinationskanten zwischen $\frac{P2}{2}$ und $\infty P2$.

Ferner sind bemerkenswerth die trigonalen Trapezoeder, linke und rechte $\frac{mPn}{4}$, welche bei gleichmässiger Ausbildung der beiden Rhomboeder $\frac{P2}{2}$ in der Combination $\infty P2 \cdot P2$ die Combinationsecken an drei abwechselnden Prismenkanten schief abstumpfen, die Abstumpfungsflächen schief auf die Prismenkanten aufgesetzt, daher mit den beiden Prismenflächen der Prismenkante verschiedene Combinationskantenwinkel bildend. Solcher trigonalen Trapezoeder giebt es mehrere, von denen die am häufigsten vorkommen, welche die Combinationskanten von $\frac{\frac{3}{2}P}{2}$ mit $\infty P2$ schief abstumpfen, wie die Tetartoeder von $\frac{5}{2}P\frac{5}{4}$, $\frac{7}{2}P\frac{7}{5}$ $\frac{3}{2}P\frac{3}{2}$, $\frac{11}{2}P\frac{11}{7}$. Hin und wieder sind solche trigonalen Trapezoeder so ausgedehnt, dass die abwechselnden Prismenkanten ganz verdrängt sind und die Trapezoederflächen des oberen und unteren Endes sich schneiden. Ausserdem finden sich ditrigonale Prismen, drei abwechselnde Kanten von $\infty P2$ zuschärfend, trigonale Prismen $\frac{\infty P}{2}$ und $\frac{\infty P'}{2}$ und als grösste Seltenheit die Basisflächen, nicht zu verwechseln mit der zufälligen Begrenzung der Bergkrystalle durch tafelförmige Krystalle des Calcit, welche bisweilen so auf denselben aufliegen, dass die Basisfläche der Calcittafeln parallel dem basischen Hauptschnitte der Bergkrystalle ist, wodurch nach Entfernung der Calcittafeln eine scheinbare Basisfläche zu sehen ist, ein Abdruck der Basisfläche des Calcit mit dessen trigonaler Streifung.

Bei einem so häufig vorkommenden Minerale, wie der Quarz, kommen die Flächen des diagonalen Prisma auch unregelmässig erweitert vor, so z. B. zwei parallele Flächen breiter oder auch schmäler als die anderen vier, wodurch bei analoger Ausdehnung der Pyramidenflächen die Krystalle orthorhombisch erscheinen, oder bei weiterer ungleicher Ausdehnung der Pyramidenflächen auch klinorhombisch. Oft sind auch die Krystalle nach einer Pyramidenkante lang gestreckt, sowie überhaupt die Quarzkrystalle mannigfache Deformitäten zeigen, welche die gewöhnliche Gestalt kaum erkennen lassen würden, wenn nicht die horizontale Streifung der Prismenflächen als ein sicherer Führer in der Bestimmung vorhanden wäre. Zu dieser unregelmässigen Ausdehnung der Flächen, welche von der rhomboedrischen Ausbildung unabhängig ist, jedoch durch diese noch vermehrt wird, tritt häufig eine eigenthümliche, in ihrer Art einzig dastehende Zwillings- resp. Viellingsbildung bei mehr als zwei verwachsenen Individuen ein. Es erscheinen nämlich zwei Individuen der Combination $\infty P2 \cdot \frac{P2}{2} \cdot \frac{P'2}{2}$ als Zwillinge nach $\infty P2$ verwachsen, aber nicht als Juxtapositionszwillinge, sondern als Penetrationszwillinge, wodurch sie scheinbar ein Individuum darstellen, nicht allein die Achsen beider Individuen, sondern auch die Prismenflächen $\infty P2$ beider zusammenfallen. Dadurch fallen dann die Rhomboederflächen $\frac{P2}{2}$ des einen Individuum mit den Rhomboederflächen $\frac{P'2}{2}$ des anderen in eine Ebene und die Krystalle erscheinen holoedrisch ausgebildet, indem auch die untergeordneten Flächen $\frac{4}{3}P$ nicht trigonale Pyramiden, sondern hexagonale Pyramiden zu bilden scheinen. In dieser Weise sind aber oft nicht allein zwei Individuen zu Penetrationszwillingen verwachsen, sondern auch mehr, was man durch optische Untersuchung von Platten parallel der Basis erkennen kann. Da aber die so verwachsenen, sich durchdringenden Individuen nicht immer ganz genau das Zusammenfallen der Prismenflächen einhalten, so erkennt man oft die Penetrationszwillinge oder Viellinge an unregelmässigen die Prismenflächen abwärts durchziehenden Nähten, denen entsprechend auch in den Endflächen hervorspringende Theile die Fortsetzung der vertikal die horizontale Streifung durchsetzenden Nähte zeigen. In seltenen Fällen, die jedoch sehr interessant sind, bedingt eine Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Flächen $\frac{P2}{2}$ und $\frac{P'2}{2}$, indem die einen glänzend und eben, die anderen weniger glänzend und ein Wenig rauh sind, ein eigenthümliches Aussehen der Pyramidenflächen, insofern sie durch wechselnde Theile der Flächen $\frac{P2}{2}$ und $\frac{P'2}{2}$ gebildet, glänzende und ein Wenig rauhe Flächentheile zeigen, den sogen. Krystalldamast darstellen. Es wechseln glänzende und weniger glänzende Theile der Flächen scharf begrenzt gegen einander ab, die man von einer Pyramidenfläche auf die andere in ihrem Wechsel verfolgen kann. Bisweilen zeigt sich auch dieser Krystalldamast auf den Prismenflächen.

Ausser diesen häufig vorkommenden Penetrationszwillingen finden sich auch Contactzwillinge mit geneigten Achsensystemen, so z. B. nach $\frac{4}{3}P$, wobei sich die Hauptachsen beider Individuen unter 84° 33′ schneiden. Eine eigenthümliche Erscheinung bilden auch die sogen. gedrehten Quarzkrystalle, die besonders an Rauchquarz aus dem Tavetsch in Graubünden in der Schweiz vorkommen.

Es sind dies Krystalle, bei welchen zunächst zwei parallele Prismenflächen $\infty P2$ vorherrschend ausgedehnt sind, wonach auch die zugehörigen Pyramidenflächen vorherrschen und die vorherrschenden Prismenflächen sind nicht eben, sondern windschief gebogen. Diese eigenthümliche Bildung wird jedoch, wie zahlreiche Vorkommnisse dieser Art zeigen, durch eine homologe Reihe von Krystallen hervorgerufen, welche nach einer rhombischen Zwischenachse mit einander verwachsen sind, in die Kategorie der polysynthetischen Krystalle fallen. Bei dieser homologen Reihung tritt jedoch durch äussere Störungen in der successiven Ausbildung der sich aneinanderreihenden Individuen eine constante, wenn auch geringe Differenz in der Stellung ein, wodurch die zwei vorherrschenden Prismenflächen des polysynthetischen Krystalles die angedeutete windschiefe Krümmung erleiden. Sind dabei die einzelnen einander folgenden Individuen sehr nahe aneinander gerückt, so lassen die einzelnen, die Reihe bildenden Individuen die Gruppirung nicht mehr erkennen, was jedoch selten vorkommt.

Andere Krümmungen von Flächen, wie z. B. concave oder convexe der Prismenflächen rundum in gleichem Sinne, sowie andere Gruppen, lineare oder centrische (radiale) zeigen keine besondere Verschiedenheit von denen anderer Species.

Die Krystalle des Quarzes sind entweder aufgewachsene, wie in Drusenräumen, Nestern, Spalten, Klüften bis Gängen, oder eingewachsene, wie in Felsitporphyren, Kalkstein, Marmor, Dolomit, Gyps u. a. Gesteinsarten und bei unvollkommener Ausbildung entstehen Stengel bis Fasern, welche radial oder parallel oder unregelmässig mit einander verwachsen entsprechende Aggregate bilden, oder es entstehen individualisirte Massen bis unbestimmt eckige Körner, welche einzeln eingewachsen vorkommen oder mit einander verwachsen körnige Aggregate bilden, welche als gross-, grob-, klein- bis feinkörnige als Gesteinsarten, Quarzite, im Besonderen als Quarzfels und Quarzschiefer vorkommen. Lose finden sich auch einzelne Krystalle, wenn die sie vorher einschliessenden Gesteinsmassen zerstört sind und sind dann bisweilen, wie andere Geschiebe mehr oder weniger an den Kanten und Ecken abgerundet, sehr häufig lose Körner als Quarzsand und wenn diese in grosser Menge angehäuft durch ein Bindemittel verschiedener Natur zu festen Gesteinsmassen verbunden vorkommen, so bilden sie die sogenannten Sandsteine (Quarzpsammite), an welche sich bei zunehmender Grösse der cementirten Körner oder der Quarzfragmente z. Th. die Quarzconglomerate und Quarzbreccien anschliessen.

Ausser krystallisirt und krystallinisch findet sich der Quarz bei verschwindend kleiner Ausbildung der Individuen kryptokrystallinisch bis dicht, stalaktitisch oder derbe Massen bildend, wie unter den später anzuführenden Varietäten die Chalcedone, der Hornstein, Kieselschiefer, Jaspis und Feuerstein, bei denen nur mikroskopische Untersuchungen den eigentlichen Zustand erkennen lassen. Auch finden sich Pseudokrystalle des Quarzes nach verschiedenen Mineralen, so wie er auch das Versteinerungsmaterial von organischen Körpern, thierischen und pflanzlichen bildet.

Die Quarzkrystalle und die krystallinischen Individuen zeigen, wenn ihre Grösse die Bestimmung gestattet, im Allgemeinen keine deutliche Spaltbarkeit, bisweilen jedoch sind Spaltungsflächen parallel den Flächen $P2$ oder parallel den entsprechenden Rhomboederflächen zu erhalten, auch werden Spuren von Spaltungsflächen nach dem Prisma $\infty P2$ angegeben. Bei dieser versteckten oder

unvollkommenen Spaltbarkeit des Quarzes im Allgemeinen ist es von Interesse, anzuführen, dass man bisweilen an Quarzkrystallen deutliche Spaltungsflächen erhält, wenn man sie vorsichtig bis zum Glühen erhitzt und in kaltem Wasser abkühlt. Der Bruch ist muschlig, auch uneben und splittrig.

Der Quarz ist wesentlich farblos bis weiss, ausserdem durch unwesentliche Pigmente gefärbt, braun, gelb, violett, roth, grün, blau, grau und schwarz, glas- bis wachsglänzend, durchsichtig bis undurchsichtig, spröde, hat H. = 7,0 (bildet den 7. Grad der MOHS'schen Härtescala) und spec. Gew. = 2,5—2,8 (der reinste = 2,65). V. d. L. ist er unschmelzbar, mit Soda auf Kohle giebt er unter Brausen ein mehr oder minder klares Glas; in Säuren ist er unlöslich und wird nur von Fluorwasserstoffsäure angegriffen. Mikrokrystallische bis dichte Varietäten werden von kochender Kalilauge bisweilen etwas gelöst, wenn ihnen Opal beigemengt ist.

Bei dem überaus reichlichen Vorkommen des Quarzes, indem er nicht allein in Drusen- und Blasenräumen, auf Klüften bis Gängen aufgewachsene, in verschiedenen Gesteinsarten eingewachsene Krystalle bildet, als Gemengtheil in mehreren Gesteinsarten, wie namentlich in Granit, Gneiss und Glimmerschiefer vorkommt und selbst Gesteine bildet, wie den krystallinischen Quarzit oder Quarzfels und Quarzschiefer oder den unkrystallinischen Hornstein, Jaspis, Feuerstein und Kieselschiefer, sind sehr viele Varietäten unterschieden worden. Im Allgemeinen unterscheidet man krystallisirten, krystallinischen, krypto- oder mikrokrystallinischen und unkrystallinischen.

Der krystallisirte Quarz wird wegen seines gewöhnlichen Glanzes Glasquarz genannt und nach der mehr oder minder hervortretenden Pellucidität der edle und gemeine unterschieden. Bei dem ersteren wird der farblose Bergkrystall genannt, bei welchem der grösste Formenreichthum vorkommt und dessen Krystalle oft andere krystallisirte Minerale als Einschluss enthalten, bisweilen auch Wasser und Kohlendioxyd. Blassgelb gefärbter wird Citrin, violblau oder lila gefärbter Amethyst genannt. Häufig sind rauchbraune Varietäten, die sogen. Rauchquarze, wenig bis sehr dunkel gefärbt, (Mórion) wobei die Färbung durch Kohlenwasserstoff bedingt ist[1]). Durch vorsichtiges Erhitzen werden sie farblos. Die edlen Glasquarze werden vielfach als Schmucksteine verarbeitet. Der gemeine Glasquarz, der wie Bergkrystall und Rauchquarz Krystalle der verschiedensten Grösse, bis sehr grosse, selbst mehrere Centner schwere bildet, zeigt gewöhnlich nur die Combination $\infty P2 \cdot P2$ oder $P2 \cdot \infty P2$, selten rhomboedrische Ausbildung. Ausserdem findet er sich körnig bis fast dicht, stenglig bis fasrig, derb bis eingesprengt, lose als Gerölle und Sand. Er zeigt geringe Grade der Pellucidät, Glas- bis Wachsglanz (sogen. Fettquarz), ist weiss oder gefärbt. Verschiedene seiner Vorkommnisse erhielten eigene Namen als Varietäten, wie nach der Farbe, indem der weisse Milchquarz, röthlichweisser bis rosenrother Rosenquarz, gelber, brauner oder rother, durch Eisenocher gefärbter Eisenkiesel, indigo- bis berlinerblau durch eingewachsenen fasrigen Krokydolith (ein Silicat von Eisenoxydul, Eisenoxyd und Natron) gefärbter Sapphirquarz oder Siderit, durch eingewachsenen grünen, fasrigen Amphibolasbest lauchgrün gefärbter Prasem genannt wurde. Durch parallele eingewachsene Asbestfasern wird bei convexem Schliffe eine eigenthümliche Lichtwandelung erzeugt, wie in dem desshalb als Schmuckstein geschätzten

[1]) A. W. WRIGHT in Transact. of the New-York Ac. of Sc. 1882, I, 135.

sogen. Katzenauge, welches grünlichweiss, grünlichgrau, olivengrün auch roth, gelb und braun gefärbt ist und das neuerdings sogen. Tigerauge mit gelber bis brauner Färbung beruht z. Th. auf solchen eingewachsenen Fasern oder gehört zum Faserquarz. Als Schmuckstein wird auch der Avanturin (Avanturinquarz) gebraucht, welcher durch feine Glimmerschüppchen oder durch rothes schuppiges Eisenoxyd auf den vielen feinen Rissen und Sprüngen, besonders geschliffen ein Schillern zeigt. Pisolithischer Quarz bildet Aggregate kleiner Kugeln, welche selbst durch radiale Gruppirung kleiner linearer Krystalle entstanden sind. Durch bituminöse Substanz grau bis braun gefärbte derbe Vorkommnisse, welche beim Zerschlagen oder gerieben einen unangenehmen Geruch zeigen, werden Stinkquarz genannt.

Von den krystallinischen Quarzen wird noch zunächst der Chalcedon (Chalcedonquarz) als eine kryptokrystallinische Bildung unterschieden, welcher scheinbar dicht mit splittrigem und flachmuschligen Bruche und als Absatz aus Wasser gebildet stalaktitische kuglige, traubige bis nierenförmige, geflossene oder cylindrische und konische Gestalten bildet oder in grösserer Ausdehnung vorkommend Ueberzüge bis ziemlich dicke Lagen darstellt. Der Chalcedon ist weiss oder gefärbt, mehr oder weniger durchscheinend bis an den Kanten, mehr oder weniger schimmernd bis fast matt und da bisweilen bei einfarbigen besondere Arten der Farbe ihn auszeichnen oder bei gefärbten in Folge wechselnder Pigmente verschiedene Farbenzeichnungen vorkommen, so sind mehrere Varietäten des Chalcedon unterschieden worden, die als Schmucksteine häufig ver wendet werden. Als solche wurden vom gemeinen Chalcedon mit unscheinlichem Ansehen der fleisch- bis blutrothe Carneol, der roth und weiss gefleckte Sardonyx, der apfelgrüne Chrysopras, das dunkellauchgrüne Plasma unterschieden, welches letztere blutroth gefleckt Heliotrop genannt wird. Graue, blaulichweisse, gelbliche bis röthlichweisse Chalcedone mit dendritischer Zeichnung heissen Mokkasteine, Onyx solche, welche abwechselnde graulich-, gelblich- oder röthlichweisse und dunkelbraune bis schwarze Lagen zeigen und schon in alter Zeit zu Schmucksteinen verwendet und bisweilen hoch geschätzt wurden, das Material zu den Cameen oder Intaglien bildend.

Der Chalcedon findet sich am häufigsten als partielle oder selten als totale Ausfüllungsmasse der Blasenräume in Aphanit und Aphanitporphyren, die Wandungen derselben nach und nach bekleidend, wobei durch den Wechsel der Pigmente die successiven Absätze in der Färbung wechseln, auch dabei krystallinischer Quarz mit dem Chalcedon. Durch die in Farbe wechselnden Lagen und durch das Zusammenvorkommen mit krystallinischem und krystallisirtem Quarz, werden die allgemein bekannten Achate gebildet, welche als Schmucksteine geschliffen und nach der Farbenzeichnung, die auch mit der Richtung der Schnittflächen wechselt, verschieden benannt werden, wie Bandachat, Festungsachat, Wolkenachat, Punktachat, Kreisachat u. s. w.

An den Chalcedonquarz reihen sich die kryptokrystallinischen bis dichten Quarzvarietäten, welche als Hornstein und Jaspis, Feuerstein und Kieselschiefer unterschieden werden und z. Th. als Gesteinsarten vorkommen oder wie die ersten drei in selbständigen krummflächigen Gestalten, Kugeln bis knollige Gestalten bildend oder auch als Versteinerungsmittel wie der Hornstein von Holz (der sogen. Holzstein) und der Feuerstein. Hornstein und Jaspis, von einander schwierig abzugrenzen, sind durch anorganische Pigmente gefärbt, deren Quantität auf die Pelludicität Einfluss hat, wonach die Hornsteine weniger, die

Jaspis genannten mehr Pigment enthalten und dadurch undurchsichtig werden, während die Hornsteine mehr oder weniger durchscheinend bis an den Kanten sind. Die Hornsteine sind unrein und wenig grau, gelb, grün, roth oder braun gefärbt, haben muschligen bis ebenen und meist splittrigen Bruch, der Jaspis ist meist intensiv gelb, roth, braun oder grün gefärbt wie die Eisenkiesel und wird bisweilen geschliffen verwendet, wie der Bandjaspis mit den Lagen entsprechender verschiedener Färbung oder der Kugeljaspis mit concentrischer oder unregelmässiger Farbenzeichnung. Der Feuerstein, kuglig bis knollig gestaltet oder als Flint eine Lagen bildende Gesteinsart darstellend, ist durch kohlig-bituminöse Substanzen grau bis schwarz, gelb bis braun, gelblichweiss bis gelblichgrau, selten röthlichbraun gefärbt, hat meist flachmuschligen glatten, wenig wachsartig glänzenden bis schimmernden Bruch und ist stark bis an den Kanten durchscheinend. Beim Erhitzen brennt er sich weiss oder es wird im natürlichen Vorkommen die Farbe durch äussere Einflüsse von aussen nach innen entfernt, die sogen. Verwitterungsrinde des Feuersteins gebildet. Der Kieselschiefer, welcher, wie schon der Name andeutet, wesentlich als Gesteinsart vorkommt, ist wie der Feuerstein gefärbt bis rein schwarz durch Kohlenstoff (der sogen. Lydit oder Probirstein zur Prüfung der Gold- und Silberlegirungen benützt) und ist gewöhnlich undurchsichtig bis schwach kantendurchscheinend und hat meist unvollkommen muschligen bis ebenen Bruch.

Anhangsweise ist hier des Tridymit zu gedenken, welcher von G. vom Rath (Pogg. Ann. 133, 507) in einem porphyrischen Trachyt vom Corro S. Cristobal bei Pachuca in Mexiko entdeckt wurde und sich später nicht allein in anderen trachytischen und andesitischen Gesteinen, selbst in älteren eruptiven Gesteinen, wie den Porphyriten finden liess und in diesem Sinne als wesentlicher Gemengtheil der erwähnten eruptiven Gesteine von grosser Wichtigkeit ist. Derselbe findet sich aber, und desshalb wurde er früher nicht als Mineralspecies erkannt, meist nur sehr kleine tafelige Kryställchen bildend, welche eingewachsen oder in Drusen und auf Klüften vorkommend eine dimorphe Species der Kieselsäure darstellen. G. vom Rath bestimmte die sehr kleinen tafeligen Krystalle, welche Zwillinge, meist Drillinge bilden, als hexagonale, während jedoch später A. v. Lasaulx und M. Schuster sie für anorthisch erklärten. Sie sind farblos bis weiss, glasglänzend, auf den vorherrschenden Basisflächen perlmutterartig und haben bei H. nahe = 7,0 das spec. Gew. = 2,28—2,33. — Eine dritte Species bildet die Asmanit genannte Kieselsäure von orthorhombischer Gestaltung, welche von S. Maskelyne im Meteorstein von Breitenbach in Böhmen entdeckt wurde.

Die Quellen

von

A. von Lasaulx.

Unter einer Quelle verstehen wir eine an die Oberfläche der Erde emportretende grössere oder kleinere Wassermenge, deren Zuflusswege (oder Quellwurzeln) nicht unmittelbar sichtbar sind und nicht direkt durch oberflächlich fliessende Wasser bedingt werden. Es kommt nicht selten vor, dass Bäche und sogar Flüsse an gewissen Stellen einsinken, um dann einen unterirdischen

Verlauf zu nehmen und in einiger Entfernung auch wieder zu Tage zu treten. Da liegt also an letzterer Stelle nicht eigentlich eine Quelle vor.

Da die Herkunft vieler Quellen unmittelbar einen Zusammenhang und eine Abhängigkeit von der Infiltration und Penetration der atmosphärischen Wasser erkennen lässt und auch nicht wohl eine andere letzte Herkunft der im Erdkörper circulirenden Wasser denkbar ist, als aus den atmosphärischen Niederschlägen, so werden alle Quellen auf diesen Ursprung zurückgeführt, gleichgiltig, ob sie aus grossen Tiefen des Erdinneren emporsteigen und abyssische Bedeutung haben, oder nur an der Peripherie der Erdfeste ihren Beginn und ihr Ende finden.

Wenn also sonach auch alle Quellen auf die eine gemeinsame Ursache zurückgeführt werden, so sind sie dennoch in Bezug auf die Wege, welche sie im Erdinneren durchlaufen haben, ihr Wurzelsystem, sehr verschieden und ebenso bezüglich ihrer Beschaffenheit, d. i. ihre Temperatur und die chemische Zusammensetzung ihres Wassers. Diese Beschaffenheit haben sie nach dem Niedergange aus der Atmosphäre erst durch ihr Eindringen in die Erdrinde und durch Aufnahme gelöster mineralischer Substanzen angenommen.

Alles Wasser, welches aus der Atmosphäre in irgend einer Form als Niederschlag auf die Erdoberfläche gelangt, dringt, soweit es nicht durch Verdunstung unmittelbar in die Atmosphäre zurücktritt, in den Boden ein. Das Maass der Durchdringbarkeit oder Permeabilität der Bodenschichten ist allerdings ein sehr verschiedenes.

Alle Schichten, auch die festen Gesteine, sind aber in gewissem, wenn auch geringem Maasse permeabel. In den grössten erreichten Tiefen der Bergwerke oder Bohrlöcher findet man immer reichliche Wasserzuflüsse. Als eine Ausnahme kann es bezeichnet werden, dass in tiefen Grubenbauten Trockenheit herrscht. Wenn mit Steinbrüchen oder anderen bergmännischen Arbeiten die Felswände in der Tiefe des Erdinnern eröffnet werden, findet sich Feuchtigkeit auch inmitten der dichten, compakten Gesteinsmassen. Auch diese sind daher permeabel. Das Eindringen der Wasser in dieselben erfolgt nicht nur auf sichtbaren, mehr oder weniger offenstehenden Spalten, sondern auch auf dem aus unzähligen, feinsten Haar- oder Capillarröhrchen bestehenden Systeme von Rissen, welche alle Gesteine durchziehen. Dass gerade diese Capillarröhrchen ganz besonders geeignet sind, das Eindringen des Wassers in das Innere der Erdrinde zu vermitteln, das zeigen die Versuche DAUBRÉE's[1]), welche als Ergänzung früherer Versuche von JAMIN darthun, dass die Absorption des Wassers in Gesteinen durch die capillaren Poren selbst dann stattfindet, wenn eine Dampfspannung durch Gegendruck dem Eindringen der Flüssigkeit zu widerstehen sucht. Die capillare Anziehung überwindet diesen Gegendruck. Gerade dieser experimentelle Beweis erklärt auch die Gegenwart des Wassers in tiefen Regionen und im Inneren der festen Gesteine und lässt die Möglichkeit seines Eindringens von der Oberfläche her annehmbar erscheinen. Eine andere Ansicht nimmt freilich auch an, dass das in der Tiefe vorhandene Wasser, wie es vornehmlich auch in seiner intensiven Mitwirkung bei vulkanischen Prozessen sich dokumentirt, als eine ursprüngliche, mit der ersten Erstarrung der Erdrinde zusammenhängende Bildung anzusehen sei.

Bis zu welcher Tiefe das Wasser in die an Temperatur zunehmende Erdrinde einzudringen vermag, ohne sich in Dampf zu verwandeln, ist eine Frage, die noch

---

[1]) Experimentalgeologie, deutsche Ausgabe von GURLT, pag. 180. I.

nicht beantwortet werden kann. Erfahrungsgemäss muss die Tiefe eine sehr bedeutende sein. Sie muss abhängig sein von dem Wechselverhältnisse von Druck und Spannung im überhitzten Wasser selbst. Wenn an irgend einem Punkte im Inneren der Erde die in der daselbst herrschenden Temperatur bedingte Expansion des Wassers grösser ist, als der Druck der auflastenden Atmosphäre, so muss das Wasser dampfförmig werden; jene Temperatur und Expansion sind aber nur zweifelhafte Werthe und lassen noch keinerlei zuverlässige Berechnung zu.

Im anderen Falle, wenn der Druck, mit der Tiefe zunehmend, immer die Oberhand über die Spannung erhält, würde Wasser von der Erdoberfläche bis zu den grössten Tiefen einzudringen vermögen, ohne aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand überzugehen. Jedenfalls spricht die Temperatur vieler Quellen, die, obschon auf dem Wege des Emporsteigens abgekühlt, doch noch nahe ihrer Siedetemperatur an die Oberfläche kommen, mehr für die letztere Möglichkeit.

Für die Betrachtung der Quellen kann man also jedenfalls davon ausgehen, sie alle auf die aus der Atmosphäre stammenden Wasser zurückzuführen. Nur die Tiefe, bis zu welcher sie eindrangen, bedingt wesentliche Verschiedenheiten auch für die Art und Beschaffenheit ihrer aufsteigenden Quellwurzeln und Wege. Nun ist aber die Durchlässigkeit der Schichten der Erdrinde doch sehr verschieden und wenn auch oben alle in geringem Grade als permeabel bezeichnet wurden, so ist doch diese Eigenschaft oft so auf ein Minimum beschränkt, dass man solche Schichten auch als undurchlässig im Gegensatze zu den Schichten bezeichnet, welche eine leichte und schnelle Circulation der Wasser erlauben.

Das Verhältniss der Lage der in diesem Sinne durchlässigen und undurchlässigen Schichten in der Erdrinde, vornehmlich deren peripherischen Theilen, zu einander, ist einer der wichtigsten Umstände für die Vertheilung und das Emportreten der Quellläufe.

Während bei vollkommener Durchlässigkeit des Bodens die atmosphärischen Wasser schnell bis in bedeutende Tiefen einsinken können, hemmt eine undurchlässige Schicht die Abwärtsbewegung und zwingt die Wasser, je nach der Lage und Stellung der Schicht zu seitlichem Abfliessen. Von der Gestaltung der Oberfläche hängt es ab, ob die Wasser und wo sie zu Tage treten.

Aber auch, wenn eine undurchlässige Schicht nicht vorhanden ist, bilden die von der Oberfläche in den Erdboden eindringenden Wasser eine unterirdische Wasserzone, das Grundwasser (nappe d'infiltration), welche mehr oder weniger conform den Niveauverhältnissen der Oberfläche verläuft.

Bildete die Oberfläche eine vollkommene Ebene, so würde auch die Zone des Grundwassers horizontal verlaufen, um so näher der Oberfläche gelegen, je reichlicher die atmosphärischen Niederschläge in dem Gebiete sind. Wenn diese Ebene durch eine Depression durchschnitten wird, so wirkt diese abziehend, drainirend auf die Wasser, welche hier als Quellen zu Tage treten. Je nach der Tiefe des einschneidenden Thales, senkt sich die Zone des Grundwassers und steigt auf beiden Seiten wieder in die Höhe. So spiegelt der Verlauf der Grundwasserzone auch die Undulationen der Oberfläche wieder.

In einem breiten, flachen, von Höhenzügen eingefassten Thale, findet die Bewegung der Grundwasser nach dem Flusslaufe zu statt und zugleich mit diesem auch abwärts gerichtet. Der höhere Wasserstand findet sich vom Flusse beiderseitig entfernt, der tiefere in seiner Nähe. Auch hier folgt der Verlauf der Grundwasserzone also dem Bodenrelief.

Aus demselben Grunde erreicht ein unmittelbar am Meeresufer gelegener

Brunnen doch kein salziges, sondern nur süsses Infiltrationswasser, wenn nicht offen stehende Klüfte das unmittelbare Communiciren des Meerwassers ermöglichen. Das Meeresniveau stellt eine Gleichgewichtszone dar, in der die vermöge der atmosphärischen Niederschläge zuströmenden Wasser den Verlust, der durch die Verdunstung bewirkt wird, ausgleichen. So drainirt der Ocean den benachbarten Continent, wie ein Thal die einschliessenden Höhen. Seine Oberfläche ist die Fortsetzung der Grundwasserzone, welche sich landeinwärts mit der Erhebung des Bodens selbst über das Niveau des Meeres ebenfalls empor hebt.

Wenn die Depressionen des Bodens, die Thalbildungen, nicht tief genug einschneiden, um die Zone des Grundwassers zu erreichen, kann dieses letztere auch nicht quellenbildend austreten. So finden sich denn in einem Gebiete dieser Art, welches vollkommen durchlässig ist, nur dann Quellen, wenn ein solches Thal vorhanden ist, sonst sind sie an der Oberfläche wasserlos. Das bedingt den so oft auffallenden Gegensatz zwischen den nassen und sumpfigen Thalniederungen und der Trockenheit der beiderseitigen Höhen, welche eben durch das Thal drainirt werden.

Ein Beispiel dieser Art bietet die Champagne in Frankreich, deren Thäler sumpfig und reich an Weidengebüschen sind, während die beiden nur wenig hohen Ufergelände, aus Schichten der weissen Kreide bestehend, durchaus dürre und darum fast vegetationslos sind.[1])

Wesentlich anders gestalten sich aber die Verhältnisse der unterirdischen Wasservertheilung durch das Einschieben undurchlässiger Schichten. Liegt eine solche z. B. in einem Gebiete höher als die Sohle des Thales, welches eigentlich die Drainirung der wasserführenden Zone auszuführen vermocht hätte, und geht diese Schicht an dem Thalgehänge in einer gewissen Höhe zu Tage, so schliesst sie die Infiltrationswasser über sich ab und verhindert ihr tieferes Eindringen. Dieselben treten dann nicht wie sonst in der Sohle des Thales als Quellen empor, sondern an den Gehängen. Ganze Züge von Quellen folgen dem Ausstreichen der undurchlässigen Schicht.

Alle solche Quellen, die in ihrem Auftreten an das Ausgehende einer undurchlässigen Schicht gebunden sind, kann man desshalb auch Schichtquellen nennen. Keinesweges aber ist immer das Vorhandensein einer undurchlässigen Schicht Bedingung zur Quellbildung überhaupt, es ist nur ein Umstand, der dieselbe begünstigt und eine besondere Vertheilung derselben regelt. Wenn innerhalb eines Berges oder eines von Abstürzen umgebenen Plateaus eine undurchlässige Schicht eine muldenförmige Lagerung besitzt, so sammeln sich die Wasser natürlich in den Schichten über jener und vermögen erst über den Rand der Mulde abzufliessen, wenn sie dessen Niveau erreicht haben: Ueberfallquellen. Das Ausgehende der muldenförmigen Schicht bestimmt den Ort, an welchem die Quellen entspringen.

Sind aber in einer von einer Mulde undurchlässiger Schichten unterteuften Gebirgsmasse eine oder mehrere tiefe Schluchten oder Thalspalten vorhanden, so dass deren Sohlen tiefer hinabgehen, als das in der Höhe des Muldenrandes bedingte Niveau der Wasserzone, so entziehen sie natürlich dieser die Quellen und dieselben steigen in der Spalte auf (Spaltquellen).

So wird die Kenntniss des Schichtenbaues einer Gegend und ihrer orographischen Beschaffenheit die Grundlage zum Verständniss der Möglichkeiten ihrer Wasserversorgung durch Aufschliessen natürlicher Quellen.

---

[1]) LAPPARENT, Géologie, pag. 233.

Ein ausgezeichnetes Beispiel der regelmässigen Quellenvertheilung bietet der Aetna. Die Zone der überaus wasserreichen, mächtigen Quellen, die ihn auszeichnen, verläuft fast um den ganzen isolirten Bergkegel herum, nicht immer in derselben Höhe, aber genau folgend den Grenzen der nicht vulkanischen, tertiären und posttertiären Bildungen, vorzüglich der Thone der sogen. Creta und der auf diesen aufgelagerten vulkanischen Produkte, der Lavaströme und Tuffe. Diese sind alle in hohem Grade porös und durchlässig, jene Creta aber undurchlässig. Daher treten alle Infiltrationswasser, welche durch die sehr bedeutenden atmosphärischen Niederschläge über dem ausgedehnten Areale des Berggipfels entstehen, in dieser Zone zu Tage. Oft liegt sie hoch über der Thalsohle, wie an der Südseite, wo im eigentlichen Thale des Simeto selbst keine einzige Quelle mehr erscheint, so dass die tieferen Gehänge künstlich von oben her bewässert werden müssen. Wo die Grenze der Creta und Laven tiefer hinabgeht, wie z. B. an der Küste zwischen Catania und Taormina, da liegt auch die Zone der Quellen tiefer und dem Meere nahe.

Auch in der Auvergne, in Central-Frankreich ist ein ganz ähnliches Verhältniss zu beobachten. Die vielen mächtigen Quellen brechen alle unter den Lavenströmen am Rande des Plateau's und über den unterliegenden Schichten hervor.

Ueberall da, wo die Lagerung der Schichten im Untergrund eines Gebietes eine muldenförmige ist und eine undurchlässige Schicht über solchen Schichten sich findet, welche ganz besonders zur Wasserführung geeignet sind, sind die Bedingungen zu artesischen Quellen oder Brunnen vorhanden. (Artesisch, weil in der Grafschaft Artois in Frankreich zuerst erbohrt.) Wenn die wasserführende Schicht nur in einer ziemlichen Ausdehnung zu Tage ausgeht, werden reichliche Wasser in ihr eindringen und sich in ihr, dem Verlaufe der überlagernden undurchlässigen Schicht folgend abwärts bewegen müssen, ähnlich wie in einem U förmig gebogenen Rohre, so dass in den beiden Schenkeln das Niveau ein höheres ist, als in der Mitte. Findet sich in der Mitte eine Oeffnung z. B. eine Spalte, welche durch die undurchlässige Schicht hindurchgeht oder wird eine solche durch künstliche Durchbohrung geschaffen, so wird das Wasser mit der Kraft emportreten, die dem Drucke entspricht, welchen die Wassersäule in den beiden Schenkeln hervorruft.

Je tiefer demnach eine so gebildete Wassermulde und über ihr die undurchlässige Schicht in ihrer tiefsten Muldenlinie unter die nächst gelegenen Theile der Erdoberfläche einsinkt, an denen sie zu Tage ausstreicht, um so höher steigt das Wasser in einer in der Mitte gelegenen natürlichen oder künstlichen Oeffnung auch wieder in die Höhe. So kommt es, dass die Wasser der artesischen Brunnen in der Form mehr oder weniger hoch springender Sprudel zu Tage kommen.

Es ist nicht nöthig, dass die wasserführende Schicht zwischen zwei undurchlässigen Schichten gelegen ist, wie dieses gewöhnlich angegeben wird. Es genügt, dass die wasserführende Zone durch eine überliegende undurchlässige Schicht abgeschlossen wird. Solange nicht ein seitlicher Abfluss z. B. durch einen Thaleinschnitt gebildet wird, ist bei dem Zustande der Sättigung der Erdrinde mit Wasser, ein Abziehen desselben nach unten nicht zu befürchten, auch wenn keine undurchlässige Schicht darunter liegt. Auch die sogen. Grundwaser verlieren sich dort nicht, wo keinerlei undurchlässige Schichten vorliegen. Die lockeren, durchlässigen Schichten wirken fast wie ein Schwamm, der sein Wasser ebenfalls erst auf die Einwirkung äusseren Druckes hin abgiebt.

Das Tertiärbecken von Paris ist ein Gebiet, in welchem die Verhältnisse für artesische Brunnen ganz besonders günstig sind und wo auch eine grössere Zahl derselben erbohrt ist. Die Stadt Paris nimmt ungefähr das Centrum des Beckens ein, dessen Schichten tellerförmig einsinken und im ringförmigen Verlaufe in mehr oder weniger höherer Niveaulage im Süden, Osten und Norden zu Tage ausgehen. Die zur Kreideformation gehörigen Grünsande sind von den thonigen, compacten und dadurch undurchlässigen Schichten des Gault überdeckt. Diese Grünsande gehen als ein continuirliches Band von den Ardennen bis an die Loire zu Tage aus, immer in einer Höhe, welche die der Ebene von Paris um über 100 Meter überragt. Unter Paris aber findet sich die Schicht der Grünsande in einer Tiefe von 5—600 Meter. Wenn man sie hier also mit einem Bohrloche erreicht, so vermag sich der Wasserstrahl nach dem Gesetze der communicirenden Röhren über die Ebene von Paris noch um ca. 60 Meter (Reibung, Verlust u. dergl. vermindert diese Höhe) zu erheben.[1])

Der bekannte Bohrbrunnen von Grenelle hat die wasserführende Schicht der Grünsande bei 548 Meter Tiefe erreicht und die Höhe der Rohrleitung, in der er über der Oberfläche aufzusteigen gezwungen wird, beträgt 73 Meter.

Die Wassermengen solcher artesischer Brunnen sind z. Th. ganz ungeheuer, der Brunnen von Grenelle gab anfangs 3200 Kubikmeter in 24 Stunden, der von Passy 20000 Cubikmeter. Die Wassermengen haben sich etwas verringert, dadurch, dass man sie höher aufzusteigen zwang. Die Temperatur der Wasser von Grenelle ist 28°, d. i. 17° mehr als die mittlere Jahrestemperatur des Ortes.

Zahlreiche artesische Brunnen finden sich auch in England, in der Sahara, in Nord-Amerika u. a.[2])

Wie man am besten an den artesischen Brunnen zu erkennen vermag, hängt sowohl der Wasserreichthum als auch die Temperatur der Quellen von ihrer Tiefe ab. Brunnen, die nur sehr geringe Wassermengen und auch diese nur zeitweise in deutlich erkennbarer Abhängigkeit von den atmosphärischen Niederschlägen liefern, sogen. Zeit- oder Hungerbrunnen haben in der Regel nur ein sehr peripherisches Gebiet ihrer Quellwurzeln. Aus oberflächlichen Sammelbecken, sumpfigen Wiesen bilden sie sich über einer in geringer Tiefe befindlichen undurchlässigen Schicht und vermögen daher nicht sich lange zu erhalten, wenn die Niederschläge über ihrem Sammelbezirke fehlen. Sie trocknen daher in der heissen Jahreszeit aus, um mit der Regenzeit wieder zu erscheinen.

Dass hingegen andere Quellen aus bedeutender Tiefe emporsteigen, zeigen auch die Beziehungen ihres unterirdischen Quellnetzes zu Bergwerken. Dass diese oft über ausgedehnte Gebiete und in grosse Entfernungen von dem Orte ihrer Schachtmündung die Quellen zum Versiegen bringen, ist eine bekannte Thatsache. Das beruht natürlich nur auf der Möglichkeit eines unterirdischen Zusammenhanges, d. h. eines tiefen Hinabreichens der Quellwurzeln. Der belgische Bleiberg bei Aachen entzog durch seine Tiefbauten im Umkreise von fast einer Stunde allen Quellen die Wasser und erhielt dadurch selbst so bedeutende Zuflüsse, dass dieselben zeitweise über 2000 Cubikmeter in der Stunde betrugen und durch Pumpwerke von über 2000 Pferdekräfte kaum bewältigt werden konnten.[3])

Aber auch bei der Entziehung der Quellwasser durch Bergwerke ist vor

[1]) Lapparent, Géologie, pag. 239.

[2]) Lersch, Hydrophysik, pag. 284.

[3]) Die Wasser des Baches Geule flossen grösstentheils geradezu auf den Schichtenfugen in die Grube.

Allem der Schichtenbau der Gegend zu berücksichtigen, der in manchen Fällen die Möglichkeit der schädlichen Einwirkung eines Bergwerkes geradezu ausschliesst. Und so kommen denn auch Fälle vor, wo die scheinbare Coincidenz bergbaulicher Arbeiten mit versiegenden Quellen dennoch nur eine zufällige ist und ein wirklich ursachlicher Zusammenhang nicht vorliegt. Die Unmöglichkeit, die vielverzweigten Quellwurzeln zu erkennen, macht es in vielen Fällen sehr schwer, einen thatsächlichen Zusammenhang zu erweisen oder zu widerlegen.

Die aus grösseren Tiefen emporsteigenden Quellen sind in der Regel durch eine höhere Temperatur und durch besondere mineralische Beschaffenheit ausgezeichnet.

Die Temperatur der meisten Quellen zeigt eine gewisse Uebereinstimmung mit der mittleren Jahrestemperatur oder der Isotherme ihres Ortes. Man kann sie daher auch isothermale Quellen[1]) nennen. Sind sie von constanter Temperatur, so geben sie die mittlere Ortstemperatur, sind sie aber variabel, so folgt diese Variabilität den Jahreszeiten und es ergiebt sich daraus eine Mittelzahl, die der der mittleren Jahrestemperatur entspricht.

Diese Quellen liefern in ihrer Temperatur den Beweis, dass sie nicht sehr tief unter der Zone der sogen. invariablen Erdschicht entspringen können, welche ebenfalls jene mittlere Jahrestemperatur für jeden Ort besitzt, für die verschiedenen Gegenden freilich in verschiedener Lage sich findet.

Im Artikel: der Erdball als Ganzes, Bd. I, pag. 263 ist auch bezüglich der Einwirkung der Lage der invariablen Erdschicht auf die Temperatur der Quellen Einiges angegeben.

Andere Quellen bleiben unter der mittleren Temperatur des Ortes »hypothermale Quellen.« Diese sind selten und durch besondere lokale Umstände in ähnlicher Weise bedingt, wie die Eisbildung im Inneren tiefer Felsgrotten, wo eine starke Verdunstung Kälte zu erzeugen vermag.

Häufig aber sind Quellen, welche, und zwar meist ziemlich constant, eine Temperatur besitzen, die über die mittlere Jahrestemperatur des Ortes wesentlich hinausgeht, hyperthermale Quellen oder schlichthin Thermalquellen, Thermen genannt, heisse Quellen[2]), wenn die Temperatur sehr hoch ist.

Diese Thermalquellen haben wesentlich andere Quellwege durchlaufen, ehe sie an die Erdoberfläche treten. Sie hängen nicht von der Combination wasserführender und undurchlässiger Schichten ab, sondern steigen in der Regel auf offenen Spalten in den festen Gesteinen der Gebirge empor.

Für viele Quellen kennt man die Gangspalte, auf der sie aufsteigen und weiss, mit welchen Gesteinen dieselbe im Zusammenhang steht. Sowohl die Quellen von Wiesbaden, als auch die von Ems scheinen mit sogen. Verwerfungsklüften in den devonischen Schieferschichten in Verbindung zu stehen, welche ihrerseits wieder mit Spalten in Zusammenhang gebracht werden können, auf denen reihenweise angeordnete Basaltkuppen liegen.

Die Quellen von Karlsbad in Böhmen entspringen aus einer im Granit aufsetzenden Spalte, welche mit einer eigenthümlichen, von Hornstein verkitteten und mit Hornsteingängen durchzogenen granitischen Breccie erfüllt ist, welche dadurch entstand, dass die aus der Tiefe emporsteigenden heissen und kohlen-

[1]) LERSCH, Hydrophysik, pag. 23.

[2]) Eine Uebersicht der Temperaturen einer grösseren Zahl kalter und warmer Quellen findet sich in KÄMTZ's Meteorologie, pag. 197; auch in GEHLEN's physik. Wörterbuch, pag. 1079.

säurehaltigen Wasser den Granit in situ durch Auflösung zertrümmerten und z. Th. in Hornstein umwandelten[1]).

Die Mineralquellen der Umgegend von Marienbad, deren Zahl in einem Umfange von $\frac{3}{4}$ Stunden bis auf 123 steigt, ohne der zahlreichen Gasquellen zu gedenken, brechen auf einem Spaltensysteme längs der Grenze des Granit mit dem Gneiss und Hornblendeschiefer an den tiefsten Thalpunkten hervor[2]). Auch viele andere Quellen z. B. in den Pyrenäen und den angrenzenden französischen Departements sind an die Grenzen von Granit mit anderen, meist geschichteten Formationen geknüpft.

Unverkennbar und ebenfalls auf weithin durch die Gebirge sich erstreckende Spalten zurückzuführen ist auch die auffallende lineare Gruppirung mancher Quellen, ihre Vereinigung zu Quellenzügen. Solche Quellenlinien können z. B. in dem an Mineralquellen reichen Taunus in verschiedenen Richtungen gezogen werden[3]).

Auch für diese aus grossen Tiefen emporsteigenden Quellen ist eine andere Kraft als der hydrostatische Druck nicht denkbar. Nur in einzelnen Fällen können auch reichliche Gas- z. B. Kohlensäureentwicklungen analog hebend wirken, wie drückende Wassersäulen. Aber in den meisten Fällen müssen die letzteren, wenn auch weit von dem Orte der aufsteigenden Quelle entfernt, im Inneren der Gebirge vorhanden sein und in der Art wirken, wie hochgelegene Wasserreservoirs. Vielleicht kann auch in einigen Fällen der Druck aufliegender Gebirgsmassen ein Hinaufpressen der Wasser in den Quellen bewirken. Thatsächlich aber wird durch die Erfahrung der Satz bestätigt, dass aufsteigende Quellen nicht möglich sind bei horizontaler Lage der Schichten, sondern nur entstehen, wo die ursprüngliche Horizontalität durch Zusammenfaltung gestört ist. Die meisten Quellenzüge folgen dem Fusse der Gebirgsketten, so am Erzgebirge, an den Vogesen, Pyrenäen u. a.

Von der Oberfläche in das Innere eines Gebirges eindringend erreichen sie, wie die Band I, pag. 269 angeführten Beispiele am St. Gotthard und Montcenis beweisen, die Isogeotherme eines hohen Temperaturgrades z. B. 70° an einer Stelle, die weit über dem Niveau des Gebirgsfusses gelegen ist. Unter den Gebirgen steigen die Isogeothermen bekanntlich aufwärts.

Wenn irgend eine durch das Gebirge hindurchsetzende Spalte (tektonische Spalten, Bd. I, pag. 532) einer so in höhere Temperatur versetzten Wassermenge einen Weg öffnet, so kann sie dann mit der hohen Temperatur an tieferer Stelle und weit entfernt zu Tage treten. Spalten lassen sich oft meilenweit verfolgen.

Dass in anderen Fällen die hohe Temperatur heisser Quellen auch auf direkte vulkanische Einwirkung zurückzuführen ist, davon wird im Abschnitte über den Vulkanismus noch gehandelt werden.

Die hohe Temperatur und der weite Weg, den diese thermalen Quellen im Inneren der Gebirgsmassen durchlaufen, erklärt es, dass sie reicher an gelösten Bestandtheilen sind, als die gewöhnlichen peripherischen Quellen. Sie vermögen

---

[1]) Dr. E. Hlawaceck, Führer durch Karlsbad, Karlsbad 1880, pag. 370. Hier auch die weitere Literatur über diese interessanten Quellen. Hochstetter nimmt zwei parallellaufende Spalten an, aus welchen die warmen Quellen entspringen, nämlich die Sprudel-Hauptspalte und die Mühlbrunn-Nebenspalte. Vergl. über die Karlsbader Thermen etc. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1856 und 1878.

[2]) Warnsdorff. N. Jahrb. f. Min. 1844. 409.

[3]) Lersch, Hydrophysik, pag. 174.

eben den Gesteinen mehr Bestandtheile zu entziehen und zudem sind die Gesteine, mit denen sie in Verbindung erscheinen, in der Regel solche, die noch die verschiedenen, ursprünglich gebildeten Minerale unverändert enthalten, nämlich Eruptiv- oder Erstarrungsgesteine, während in den durch spätere Sedimentirung von Trümmern älterer Gesteine gebildeten Schichtgesteinen die meisten gerade der leichter löslichen und für die Mineralquellen charakteristischen Bestandtheile schon in dem doppelten Prozess der Zerstörung und Sedimentirung durch Auflösung und Fortführung entfernt worden sind.

Die auflösenden Wirkungen der Wasser, welche in den meist zugleich thermalen Mineralquellen zu Tage treten, sind aber zweierlei Art. Die einsinkenden atmosphärischen Wasser durchdringen die ganzen Gesteinsmassen überall auflösend und zersetzend, ganze Gebirge auslaugend, die aufsteigenden Quellwasser, aus jenen hervorgehend, wirken nur in der unmittelbaren Umgebung der Kanäle, in welchen sie sich bewegen. Ueberall vermögen die gelösten Bestandtheile in den Spalten und Hohlräumen sich auch wieder abzusetzen. Hierin beruht die mineral- und erzbildende Thätigkeit der Quellen, welche im Artikel Gänge Bd. I, pag. 512, näher erörtert wurde.

Bis jetzt hat man in Quellen folgende Stoffe gefunden:

1. Basen: Natron, Kali, Lithion, Ammoniak, Kalkerde, Magnesia, Strontia, Baryterde, Thonerde, Eisenoxyd und -oxydul, Manganoxyde, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Zinn, Blei, Silber, Antimon, Arsen, Nickel, Cobalt.
2. Säuren: Kohlensäure, Schwefelsäure, schweflige Säure, Salpetersäure, Phosphorsäure, Borsäure, Kieselsäure, Titansäure, Schwefelwasserstoffsäure.
3. Haloide und Metalloide: Chlor, Brom, Jod, Fluor, Schwefel, Wasserstoff, Stickstoff.
4. Organische Substanzen: Extractivstoffe, Quellsäure u. dergl.

Nach den vorwaltenden oder besonders in medicinischer Beziehung wichtigen Bestandtheilen pflegt man folgende Arten von Mineralquellen zu unterscheiden:

1. Säuerlinge oder Sauerquellen, enthalten mehr oder weniger Kohlensäure, welche beim Aufsteigen der Quelle in dem Maasse, als der Druck sich verringert, frei wird und in der Form grösserer und kleinerer Blasen entweicht. Die echten Säuerlinge enthalten neben vorherrschender Kohlensäure nur geringe Mengen anderer Stoffe, die unechten sind dazu noch mehr oder weniger reich an alkalischen Erden, Alkalien, Eisen oder dergl. und werden dann zu einer der folgenden Gruppen gerechnet. Ganz besonders bekannte, echte Säuerlinge sind: Selters, Apollinaris, Bilin, viele Quellen in der Eifel u. a.

2. Alkalische Quellen, ganz besonders kohlensaures Natron, kohlensaure Kalkerde enthaltend. Hierzu gehören die Quellen von Vichy, Plombières, Ems, Teplitz, Karlsbad, Spaa, Pfäffers, Baden-Baden, Marienbad, Montdore, Saratoga u. a.

3. Salzquellen oder Salinen, mehr oder weniger Chlornatrium u. a. Salze, zuweilen geringe Mengen Jod und Brom enthaltend und bei sehr vorherrschendem Salzgehalt Soolen genannt. Hierhin gehören: Wiesbaden, Kreuznach, Nauheim, Salzbrunn, Cheltenham u. a. Die sogen. Bitterwasser, vorzüglich schwefelsaure Salze von Natron und Magnesia enthaltend, sind seltener: Sedlitz und Saidschütz in Böhmen, Kissingen (eine Quelle) gehören hierhin.

4. Eisen- oder Stahlquellen, durch einen Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul ausgezeichnet und daher von zusammenziehendem Geschmack. An der Luft scheiden sie Eisenoxyd als rostfarbigen Ocher ab und die Oberfläche der

Quelle überzieht sich mit irisirender, fettig aussehender Haut. Solche mit geringerem Eisengehalt sind unter den Säuerlingen sehr verbreitet, zu den stärksten Stahlquellen gehören: Pyrmont, St. Moritz (Engadin), Langenschwalbach, Ripoldsau, Franzensbad.

5. Schwefelquellen, schwefelwasserstoffhaltig; bei der Verdunstung Schwefel abscheidend; zu diesen gehören: Aachen, Warmbrunn in Schlesien, Baden bei Wien, Gastein, Wildbad, Albano, Bagnères de Luchon, Aix, Barèges u. a.

6. Borsäurehaltige Quellen existiren u. a. bei Siena, auf Ischia und in Toscana an mehreren Orten.

8. Incrustirende Quellen nennt man solche, welche kohlensaure Kalkerde oder Kieselsäure in der Form von sogen. Sprudelsteinen oder auch als Tropfsteine, Travertin, Sinter und dergl. in grösserer Menge absetzen. Karlsbad, St. Alyre in Clermont, St. Nectaire im Montdore (setzt auch kohlens. Magnesia ab) Tivoli, Huanca velica bei Lima in Peru und viele andere sind Kalkquellen; viele heisse Quellen auf Island, Neu-Seeland, im National-Park in Nord-Amerika setzen Kieselsinter ab.

Der Quellen, welche organische Stoffe, Erdöle, Naphtha, gasförmige Kohlenwasserstoffe und dergl. enthalten, ist Bd. II, pag. 485, Erwähnung geschehen.

Intermittirend d. h. nach bestimmten Zeitintervallen aussetzende Quellen sind nicht selten und kommen unter kalten und warmen Quellen vor. Die Ursache der Intermittenz kann eine sehr verschiedene sein.[1])

Von besonderem Interesse sind die heissen Quellen mit regelmässiger Intermittenz, welche auch Geysir genannt werden. Der grosse Geysir auf Island und der ihm nahe gelegene kleine Geysir oder Strokr sind die merkwürdigsten Beispiele dieser Art von Quellen. Die von BUNSEN in Gemeinschaft mit DES CLOIZEAUX angestellten Untersuchungen haben den Mechanismus dieser Quellen aufgeklärt.[2])

Der Geysirbezirk liegt am Rande des grossen Hochplateaus der Insel, fast genau südwestlich von der höchsten Spitze des Hekla, von diesem Vulkane in gerader Linie ca. 5 geographische Meilen entfernt. Die cylindrischen Röhren, aus welchen die Wasserstrahlen empordringen, endigen in kleinen konischen Hügeln, an deren Spitze ein kraterförmiges Becken liegt. Die Wände und überhaupt der ganze Kegel bestehen aus Kieselsinter. In den Intervallen der Ruhe ist das Becken mit klarem Wasser gefüllt. Vor der jedesmaligen heftigen Eruption schwillt das Wasser an, grosse Dampfblasen treten aus, im Inneren ertönt ein rollendes Getöse und dann steigt ein Wasserstrahl bis zu sehr verschiedener, zwischen 3 und 30 Meter schwankender Höhe empor. Dieses dauert nur ganz kurze Zeit und das Becken erscheint dann leer. Das 1—2 Meter tief in der Röhre stehende Wasser steigt nun allmählich wieder bis an den Rand des Beckens auf, über den es ruhig überfliesst.

Während der Ruhe besitzt das Wasser in dem kleinen Kraterbecken eine Temperatur von 76—89° C. Jedoch nimmt diese Temperatur nach der Tiefe stetig zu und erreicht in einer Tiefe von 32 Meter die Höhe von 127° C. Zum Sieden kann das Wasser jedoch an keiner Stelle kommen, da nirgendwo, selbst bis wenige Minuten vor der Eruption eine Stelle der Wassersäule den dem Atmosphären- und Wasserdruck an dieser Stelle entsprechenden Siedepunkt, der

[1]) LERSCH, Hydrophysik, pag. 214.

[2]) POGG. Ann. Band LXXII 1847, pag. 159. Ausführlich auch in LERSCH, Hydrophysik, pag. 177, wo auch andere Literatur.

natürlich mit dem Drucke zunehmend über 100° C. gelegen ist, erreicht. Eine Aufwärtsbewegung der Wassersäule, nur um einen oder zwei Meter, bewirkt aber, dass eine unter soviel geringerem Wasserdruck befindliche Schicht mehr oder weniger über den entsprechenden Siedepunkt erhitzt ist. Hierdurch kann jetzt Dampfbildung erfolgen und eine Dampfschicht erzeugt werden, um welche die Höhe der Drucksäule wiederum vermindert wird. Es erfolgt neue Dampfbildung und entsprechende Druckverminderung, bis das Kochen von der Mitte des Geysirrohres bis an den Boden desselben fortgeschritten ist. Durch den so gebildeten Dampf wird die obere Wassersäule allmählich gehoben. Ist endlich auch die Temperatur dieser Wassermasse eine dem Siedepunkte nahe liegende geworden, so geht auch sie plötzlich in Dampf über und schleudert das überstehende Wasser gewaltsam empor, das nun mit Dampf vermischt als eine fast siedende Säule aufsteigt.

Das Wasser kühlt sich durch seine Berührung mit der Luft ab, fällt in das Becken zurück, füllt auch die Röhre theilweise wieder an, steigt allmählich wieder darin empor und füllt das Becken wieder an. In gewissen Zwischenräumen werden wieder innere Detonationen vernehmbar, welche den Beginn erneuter Dampfbildung anzeigen. Diese sind jedoch zunächst nur vergebliche Versuche zu einem Ausbruche, denn erst, wenn das Wasser in der Röhre allmählich seinem Siedepunkte wieder nahe genug ist, vermag die Dampfentwickelung die überstehende Wassersäule zu heben und ein neuer Ausbruch einzutreten. Dieser erfolgt in der Regel erst nach ca. 20—30 Stunden. In überaus sinnreicher Weise ist dieser Mechanismus der Geysir auch experimentell nachgeahmt worden[1]).

Es ist leicht einzusehen, dass den Wirkungen des Geysir eine Grenze gesetzt sein muss. Da er nämlich durch fortdauernden Absatz neuer Kieselsinterschichten über seiner Rohrmündung die Höhe dieses Rohres stets vergrössert, so hört endlich, wenn das Wasser, des dadurch stets vermehrten Druckes wegen überhaupt seinen Siedepunkt an keiner Stelle mehr erreichen kann, die Thätigkeit auf. Bei dem kleinen Geysir oder Strokr werden die Eruptionen durch eine ganz ähnliche Vorrichtung, wie bei dem grossen hervorgebracht, wenngleich der erstere einige abweichende Erscheinungen darbietet. Seine Eruptionen erfolgen alle 2—3 Tage und sind durch vorhergehende Verstopfung seiner Rohrmündung durch Steine, Schlamm u. dergl. bedingt.

Zahlreiche intermittirende und continuirliche Spring- und Dampfquellen finden sich auch auf Neu-Seeland, an Grossartigkeit die isländischen noch weit übertreffend. Ganz besonders ausgedehnt sind die Kieselsinterabsätze, welche durch diese Quellen producirt werden.

Auch die in den Rocky Mountains im Jahre 1871 nahe dem Ursprungspunkte des Yellowstone- und Missouriflusses in Wyoming entdeckten heissen Quellen sind durch die grosse Zahl (30) der thätigen Geysirs und viele auffallende Erscheinungen von grossem Interesse.[2])

Alle Quellen, ob dieselben einen grösseren oder kleineren Betrag gelöster mineralischer Bestandtheile enthalten, lassen darin erkennen, dass sie im Inneren der Erde zerstörende, auflösende Wirkungen ausgeübt haben, deren Folgen nicht nur in dem mineralischen Gehalt ihrer Wasser, sondern auch in einer ganzen

[1]) Vergl. TYNDALL, Die Wärme. Braunschweig 1867, pag. 143.

[1]) v. HOCHSTETTER, Neuseeland; vergl. auch LERSCH, Hydrophysik, pag. 58.

[2]) HAYDEN, Americ. Journ. III. 1872, pag. 105 und 161; PETERMANN's geogr. Mitth. 1872, pag. 241 und 321.

Eine einfache Gitterkugel umschliesst locker die Centralkapsel bei der Gruppe *Monosphaeridae* z. B. *Cenosphaera*. Die Schale ist gitterartig durchbrochen. Nach aussen trägt sie oft noch kurze radiale Stacheln.

In anderen Fällen erscheint ein System von zwei oder mehreren concentrisch in einander geschachtelten Gitterkugeln, die durch radiale Stäbe eine mit der anderen verbunden werden. So ist es bei der Gruppe *Disphaeridae* z. B. bei *Haliomma* und bei der Gruppe *Polysphaeridae*.

Bei anderen Radiolarien erhält das feste Kieselgerüst die Gestalt eines geschlossenen Sternes, der nach einem bestimmten mathematischen Gesetz sich aufbaut. Er besteht aus Speichen, die von einem gemeinsamen Mittelpunkt ausgehen. Meist sind es 20 Strahlstäbe, die in 4 Meridianebenen liegen. Diese Radiolarien bilden die Gruppe *Astrolithidae*. Bei ihnen heben die Radien in der Mitte der Centralkapsel an.

Wir können nicht die ganze Mannigfaltigkeit der Formen des Kieselskeletts erschöpfen.

Bei den Radiolarien mit festem Chitin-Skelett herrscht meist das Gesetz der Astrolithiden.

Die Radiolarien sind schwimmende Meeresbewohner. Man findet dere nzuweilen an der Oberfläche des Meeres mit ausgestreckten Pseudopodien umhertreiben. Andere schweben in den verschiedensten Tiefenzonen des Oceans. Sie finden sich am zahlreichsten in den salzreicheren Gewässern der Tropen-Zone, namentlich des Indischen und Stillen Meeres Auch im Mittelmeer z. B. an Sicilien sind sie noch zahlreich vertreten. Aus den kalten Meeren kennt man sie nur spärlich, wogegen hier an ihrer Stelle die kieselzelligen Algen an Häufigkeit zunehmen. Die verschiedenen Arten bewohnen verschiedene Tiefenzonen und es scheinen deren noch in sehr grosse Tiefen hinabzureichen.

Die Kieselskelette der absterbenden Individuen senken sich zu Boden und bilden mit Kokkolithen, Rhizopoden, Diatomeen u. s. w. einen mehr oder minder beträchtlichen Bestandtheil des Tiefseeschlammes. Von jener Tiefe an (2300 bis 2500 Faden, 4206—4572 Meter) wo die kalkigen Theile wieder aufgezehrt werden, treten sie mehr in den Vordergrund. Namentlich finden sie sich in ungeheuren Mengen im rothen thonigen Schlamm der tiefsten Abgründe des Oceans angesammelt. Die Challenger-Expedition 1872—1876 lieferte aus den Tiefen der äquatorialen Region des Pacifischen Oceans über 1000 neue Radiolarien-Arten.

In fossilem Zustand kennt man aus tertiären Meeresablagerungen bereits eine grosse Anzahl und aus den älteren Meeres-Formationen auch schon einige Radiolarien-Arten. Diese waren wahrscheinlich in den Meeren der älteren Perioden schon reichlich vertreten, ihre zarten Kieselskelette mögen aber im Verlaufe der Jahrtausende aus den Bodensätzen des Meeres oder mindestens nach geschehener Erhebung (unter anhaltendem Einfluss alkalischer Reaction) meist wieder aufgelöst worden sein, wobei ihre Substanz nachmals an der Ausscheidung von Hornstein, Feuerstein u. dergl. sich betheiligte.

In vortertiären Schichten finden sich Reste von Radiolarien nur noch gelegentlich erhalten. In der Triasablagerung von St. Cassian kennt man deren bereits. Aus dem oberen Jurakalk von Muggendorf in Franken erwähnt man eine *Cenosphaera*. Radiolarien-Reste ergab auch die obere Kreide z. B. zu Haldem in Westphalen Spuren von *Cenosphaera* und *Stylodictya*. In der weissen Kreide, die sonst mit dem weissen Tiefseeschlamm der heutigen Oceane noch so nahe übereinkommt, fehlen die Kieselskelette der Radiolarien, gleichwie auch

die Kieselzellen der Diatomeen. Sie sind offenbar (durch herrschende alkalische Reaction) wieder aufgelösst worden und wahrscheinlich hat ihr Kieselsäure-Gehalt wesentlichen Antheil an der Concretion der Knollen und Platten von Feuerstein gehabt, die in der weissen Kreide auch nie vollständig fehlen. Hiermit vermindert sich der Abstand zwischen weisser Kreide und weissem Tiefseeschlamm wieder beträchtlich.

In mehreren mitteltertiären Meeresablagerungen erscheinen die Radiolarien in grosser Zahl der Arten und Individuen reichlich vertreten, gewöhnlich mit Diatomeen, Rhizopoden und Spongien-Nadeln zusammen.

Die reichste Fundstätte von fossilen Radiolarien ist die marine Tertiär-Ablagerung der Insel Barbados, Antillen, 13° nördl. Br. Sie enthält kreideähnlichen Mergel, sandigen Kalkstein und eisenschüssigen Sandstein und bildet einen 335 Meter Meereshöhe erreichenden Gebirgsstock. Diese an Radiolarien-Skeletten reiche Meeresformation auf Barbados ist nach Ed. Forbes mitteltertiär. Ehrenberg 1875 unterschied hier 278 verschiedene Arten von Radiolarien. Dieselbe Ablagerung enthält auch noch Rhizopoden, Diatomeen, Kieselnadeln von Spongien u. dergl.

Eine ähnliche Gesellschaft von Radiolarien und Meeres-Diatomeen enthalten auch einige mitteltertiäre Mergel der Mittelmeerländer z. B. zu Caltanisetta auf Sicilien und zu Oran in Algerien. Ehrenberg beschrieb sie unter der Bezeichnung »mittelmeerische Kreide-Mergel«, sie sind aber tertiär und wahrscheinlich miocän.

Von den zahlreichen Unterabtheilungen der Radiolarien-Klasse können wir nur einige wenige hier näher erörtern.

Bei der Gruppe *Monosphaeridae* besteht das Skelett nur aus einer einzigen kieseligen Gitterkugel. *Cenosphaera* ist eine Gitterkugel mit runden Löchern, mit oder ohne Stacheln, die nur aussen aufgesetzt sind. Die Arten sind theils lebend, theils vom oberen Jura an fossil nachgewiesen. Man kennt deren aus dem oberen Jurakalk von Muggendorf und aus der oberen Kreide von Haldem.

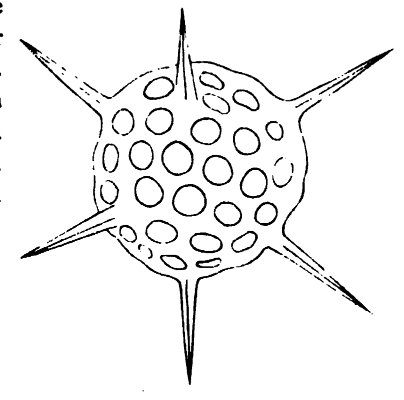


Fig. 1. (Min. 285.) *Haliomma* aus dem weissen Tiefseeschlamm des atlantischen Meeres.

Bei der Gruppe *Disphaeridae* besteht die Kieselschale aus einer zweifachen Gitterkugel, einer inneren und einer äusseren. Von diesen ist die eine concentrisch über die andere ausgespannt. Hierher gehört die Gattung *Haliomma*, Ehrenb. Die beiden Gitterkugeln sind durch radiale Stäbe verbunden und die Stäbe reichen nicht in den Centralkörper hinein, sie verlängern sich aber öfter centrifugal nach aussen. Kieselschalen von *Haliomma* finden sich häufig im Tiefseeschlamm des atlantischen Meeres. Ferner finden sich *Haliomma*-Arten tertiär auf Barbados und auf Bermudas, ferner zu Caltanisetta in Sicilien, auf den Nikobaren u. a. O.

Bei der Gruppe *Cyrtidae* besteht das Kieselskelett aus einer einfachen Gitterschale oder einigen durch longitudinale oder transversale Einschnürungen auch äusserlich deutlich ausgeprägten Abtheilungen oder Gefächern und hat die Gestalt einer Glocke oder einer Mütze u. dergl. Dieses Gehäuse lässt eine Idealachse

mit ungleichen Polen erkennen. In einem Pol, dem Scheitelpol, apex, liegt der Ausgangspunkt des Wachsthums der Schale, welcher auch oft in einen Stachel ausgeht. In diesem scheitelförmigen Theile steckt die Centralkapsel des Thieres und sie hat sonst weiter keine besondere Schale. Der andere Pol geht durch die meist weite Oeffnung des Gehäuses. Der Mündungsrand ist entweder einfach oder mit einem Kranz von zipfelförmigen Anhängen oder von herabhängenden Stacheln versehen. Die Scheitelkammer ist oft von der nächstfolgenden durch drei oder vier Stäbchen abgesondert. Dahin gehört z. B. *Anthocyrtis* EHRB. Das Gehäuse ist glockenförmig und durch eine quere Einschnürung in zwei ungleichgrosse Abschnitte abgetheilt. Die Mündung ist weit geöffnet und mit einer grösseren Anzahl herabhängender Stachelfortsätze besetzt. Arten tertiär und lebend. *A. mespilus* EHRB. Glocke aufgebläht, an der Mündung mit 8 Stachelanhängen besetzt. Mitteltertiär im Mergel von Barbados.

Bei der Gruppe *Acanthodesmidae* besteht das Skelett nur aus wenigen mehr oder minder regelmässig verbundenen Bändern oder Stäbchen, die zusammen ein weitmaschiges Geflecht bilden. Hierher gehört die Gattung *Dictyocha* EHRENB. das Kieselskelett besteht hier aus einem glatten oder mit austrahlenden Stacheln besetzten Ring, über dem ein aus wenigen Stäbchen bestehendes grossmaschiges Geflecht sich erhebt und einen Scheitel bildet. Arten in der oberen Kreide, tertiär und lebend. EHRENBERG zählte *Dictyocha* noch zu den Diatomeen.

Die Gruppe *Astrolithidae* mit einem aus 20 Stacheln bestehenden im Mittelpunkt fest verschmolzenen kieseligen Stern ist noch nicht in fossilem Zustande bekannt geworden.

Reactionen, chemische, der Minerale

von

Prof. Dr. A. Kenngott.

Da zur Bestimmung der Mineralarten die Bestimmung der chemischen Constitution der Minerale nothwendig ist und jede Mineralart erst endgiltig festgestellt ist, wenn durch die Analysen die chemische Constitution durch eine bestimmte chemische Formel ausgedrückt werden kann, so ist durch quantitative Analysen diese Aufgabe zu lösen. Immerhin aber hat die Erfahrung dazu geführt, dass es nothwendig ist, Mineralproben irgend einer Behandlung zu unterwerfen, um die Qualität der Stoffe zu erkennen, welche ein Mineral enthält, weil auf diesem Wege sich die Identität zu untersuchender Proben feststellen lässt, wenn nebenbei die morphologischen und physikalischen Eigenschaften bestimmt worden sind, soweit es die Proben gestatten. Man spricht in dieser Richtung bei der Bestimmung und Beschreibung der Minerale von den chemischen Reactionen der Minerale, mit welchem Ausdrucke man alle Erscheinungen und Veränderungen begreift, welche die Minerale zeigen, wenn man sie auf irgend welche Weise stofflich prüft. So z. B. zeigt das Steinsalz, dass es in Wasser vollständig löslich ist und die Lösung einen eigenthümlichen Geschmack erregt, welchen man als rein salzigen bezeichnet, beide Erscheinungen, die Löslichkeit im Wasser und der eigenthümliche Geschmack gehören schon zu den Reactionen des Steinsalzes. Wird dagegen z. B. eine Probe des Calcit, welche nicht in Wasser löslich ist, mit verdünnter Salzsäure in einem Glaskolben übergossen, so entsteht ein heftiges Aufbrausen durch Austreten der in ihm enthaltenen Kohlensäure

und er wird vollständig aufgelöst, beide Erscheinungen, das starke Aufbrausen und die Löslichkeit in der Säure sind Reactionen des Calcit. Erhitzt man ein farbloses Spaltungsblättchen von Gyps in einem Glaskölbchen über einer Spiritusflamme, so blättert es sich ein Wenig auf, wird weiss und undurchsichtig und der obere Theil des Kölbchens beschlägt mit Wasser. Diese Erscheinungen sind Reactionen des Gyps.

Aus diesen wenigen Beispielen ersieht man, dass man Reactionen erhalten kann, wenn man Mineralproben in Flüssigkeiten löst oder wenn man sie erhitzt und man hat desshalb die Prüfung der Minerale auf doppeltem Wege vorzunehmen, indem man sie entweder in Wasser oder in anderen Flüssigkeiten zu lösen versucht oder sie auf verschiedene Weise erhitzt, den nassen oder trockenen Weg einschlägt.

I. Prüfung der Minerale auf dem trockenen Wege.

Hierunter versteht man jede Untersuchung eines Minerals, bei welcher es der Einwirkung einer höheren Temperatur ausgesetzt wird. Hierzu dient zunächst die Erhitzung durch die Flamme einer Kerze, einer Spiritus- oder Oellampe oder durch eine Gasflamme. Man nimmt gewöhnlich kleine Stückchen oder einzelne Splitter, welche man vermittelst einer kleinen Zange mit Platinaspitzen fasst und sie in die Flamme hält, oder solche in ein Glasrohr steckt, auf ein Metallblech (am besten aus Platin) legt und über die Flamme hält, oder die Probe auch pulverisirt und das Pulver so über der Flamme erhitzt. Das Glasrohr kann an beiden Seiten offen oder an einer Seite geschlossen sein, in welchem letzteren Falle man von der Erhitzung im Glaskolben spricht. Bei jeder solchen Erhitzung beobachtet man genau alle Erscheinungen, welche die Mineralprobe zeigt, ob sie unverändert bleibt, die Farbe, die Pellucidität und den Glanz verändert, ob sie anschwillt, sich aufblättert, zerfällt, mit Knistern zerspringt, zusammensintert, schmilzt, sich aufbläht, ganz oder theilweise verflüchtigt, ob sichtbare Gase entweichen und ob sich verflüchtigende Stoffe an der Wandung des Glasrohres oder des Glaskolbens ansetzen, sich ein Destillat oder ein Sublimat bildet, ob die Probe mit oder ohne Flamme, mit oder ohne Geruch verbrennt, ob ein oder was für ein Rückstand übrig bleibt u. dergl.

Da bei solcher einfachen Erhitzung viele Minerale keine besonderen Reactionen zeigen, obgleich die Erhitzung bis zum Glühen gesteigert werden kann, so wendet man meist das vielbekannte Löthrohr, welches 1772 von ENGESTRÖM erfunden wurde, an, weil durch dasselbe eine viel stärkere Hitze erzeugt wird. Bei der Anwendung des Löthrohres hat man zunächst die Art der Flamme, die Unterlage und die Reagentien zu berücksichtigen, wodurch die Reactionen bedeutend vermehrt werden, und das Verhalten vor dem Löthrohre wird dadurch für die Diagnose der Minerale sehr wichtig.

Was zunächst das Löthrohr selbst betrifft, so ist die Form desselben ziemlich gleichgiltig, da selbst das einfachtste zweckmässig wird, wenn man sich an dasselbe gewöhnt hat, nur ist es jedenfalls vortheilhaft, wenn dasselbe mit einer Platinspitze versehen ist.

Bei der Flamme, durch welche man mit dem Löthrohre bläst, sei es die einer Kerze, einer Oel- oder Spirituslampe oder eine Gasflamme, unterscheidet man deutlich einen inneren und äusseren Theil, die Reductions- und die Oxydationsflamme, so benannt, weil der äussere Theil der Flamme durch den umgebenden Sauerstoff der Luft beeinflusst wird und desshalb auf die Probe

oxydirend einwirkt, während der innere Theil oft bei Sauerstoffverbindungen diese in einen niederen Oxydationszustand oder in den elementaren Zustand zurückführt, reducirt.

Die Mineralprobe kann nun vermittelst einer kleinen mit Platinspitzen versehenen Metallzange (Pincette) in Gestalt kleiner Stückchen oder als Splitter, wobei ein Theil der Probe über die Platinspitzen hinaus frei sein muss, in die durch das Blasen mit dem Löthrohre umgelenkte Flamme gehalten werden, entweder in die äussere oder an die Spitze der inneren Flamme. Oder man legt die Probe als kleines Korn oder Splitter auf eine Unterlage, in den meisten Fällen auf gut ausgebrannte Buchen- oder Lindenkohle, bisweilen auf ein Platinblech. Bei der Anwendung der Kohle ist es meist zweckmässig, damit man nicht durch den verstärkten Luftstrom die kleine Probe fortblasen, mit einer Messerspitze eine kleine Vertiefung in die Oberfläche der Kohle zu machen und in diese die Probe zu legen, kein zu grosses und tiefes Loch, weil man dadurch manche Erscheinungen verhindert. Mineralproben, welche beim Erhitzen im Glasrohre oder Glaskolben mit Knistern zerspringen (decrepitiren) pulverisirt man vor oder nach dem Erhitzen in jenem in einer Achatschale, macht mit einem Tropfen Wasser einen Teig und legt ein Klümpchen davon auf die Kohle oder streicht es in das Oehr eines Platinadrahtes, um so die Probe vor dem Löthrohre (v. d. L.) prüfen zu können.

Bei allen diesen Manipulationen beobachtet man alle Erscheinungen, welche die Probe zeigt, in ähnlicher Weise, wie bei der Erhitzung ohne Löthrohr, doch werden v. d. L. die Erscheinungen reichlicher, es tritt oft Schmelzbarkeit ein, wo ohne Löthrohr sich keine zeigte, es wird die Löthrohrflamme bisweilen eigenthümlich gefärbt, es bildet sich durch das Schmelzen ein Glas, ein Email oder eine Schlacke, es bilden sich auf der Kohle in minderer oder grösserer Entfernung von der Probe weisse oder farbige Beschläge, es zeigt sich ein eigenthümlicher Geruch oder es entwickeln sich sichtlich Dämpfe oder ein Rauch.

Obgleich nun durch die angegebene Art der Untersuchungen v. d. L. die Mineralproben vielerlei Verhalten, vielerlei Reactionen zeigen, so hat man beobachtet, dass die Anwendung gewisser Substanzen, die man Reagentien nennt, die Reactionen vermehrt und die Qualität wesentlicher und unwesentlicher Bestandtheile erkennen lässt. In diesem Sinne sind die gewöhnlichsten Reagentien, mit denen man die Proben eines Minerals, wenn man es ohne Reagentien nach Möglichkeit behandelt hat, in Verbindung setzt, Soda, Borax oder Phosphorsalz. Soda (oder besser gereinigtes doppelt-kohlensaures Natron, Natriumbicarbonat), Borax (zweifach borsaures Natron) und Phosphorsalz (phosphorsaures Natron-Ammoniak) als feines Pulver werden entweder mit der gepulverten Mineralprobe gemengt, das Gemenge mit einem Tropfen Wasser angefeuchtet und eine kleine Quantität des Teiges auf die Kohle gelegt und so das Gemenge v. d. L. auf Kohle behandelt, oder man bringt ein Klümpchen des Teiges in dem Oehre eines Platinadrahtes vor die Löthrohrflamme, oder man schmilzt Borax oder Phosphorsalz für sich im Oehre des Platindrahtes, oder auch auf der Kohle oder auf Platinblech und fügt dann die Mineralprobe dazu, gepulvert oder, was in vielen Fällen zweckmässiger ist, in Gestalt kleiner Körnchen oder Splitter.

Diese Reagentien verschmelzen nun entweder mit der Mineralprobe, welche oft in ihnen während des Erhitzens gelöst wird, zu weissen oder farblosen oder gefärbten Gläsern, zu Schlacke oder Email, oder es bleibt die Mineralprobe, ohne angegriffen zu werden, oder es treten partielle Veränderungen ein.

Die Soda dient besonders zur Auflösung der Baryterde, der Kieselsäure und vieler Silicate, sowie zur Reduction von Metalloxyden. Borax, welcher für sich eine farblose Glasperle giebt, löst verschiedene Metalloxyde und giebt oft charakteristisch gefärbte Gläser; das Phosphorsalz zeigt ähnliche Reactionen und dient als Reagens zur Erkennung von Silicaten, deren Kieselsäure oft von den Basen getrennt wird und als ungelöstes Kieselskelett in der Perle sichtbar wird.

Es würde hier zu weit führen, die Reactionen der einzelnen Stoffe anzuführen, wesshalb ganz besonders auf: die Anwendung des Löthrohres in der Chemie und Mineralogie von J. JACOB BERZELIUS Nürnberg 1844, auf die Tafeln zur Bestimmung der Mineralien mittelst einfacher chemischer Versuche auf trockenem und nassem Wege von F. v. KOBELL, fortgesetzt von K. OEBBÖCKE München 1884, BRUSH Manual of determinative Mineralogy, New York 1875, HIRSCHWALD's Löthrohrtabellen, Leipzig und Heidelberg 1875, FUCHS Anleitung zum Bestimmen der Mineralien, Giessen 1875, PLATTNER, die Probirkunst mit dem Löthrohre, Leipzig 1866 verwiesen wird.

Andere Reagentien werden nur in selteneren Fällen und zur Erkennung bestimmter Bestandtheile angewendet wie z. B. die Kobaltsolution (eine verdünnte Lösung des salpetersauren Kobaltoxydul) zur Erkennung der Thonerde, der Magnesia und des Zinkoxydes, indem die v. d. L. für sich behandelte Probe mit ihr befeuchtet und wieder erhitzt wird, das saure schwefelsaure Kali, welches mit der gepulverten Mineralprobe gemengt wird und besonders zur Bestimmung der Borsäure, des Lithium und Brom dient und zur Zerlegung titan-, tantal- und wolframsaurer Verbindungen, die verglaste Borsäure, ebenso als Pulver angewendet zur Entdeckung der Phosphorsäure, das Zinn, den Phosphorsalzproben als Staniol beigefügt zur Beförderung der Reduction von Metalloxyden, das Eisen in Form von feinem Draht zur Erkennung der Phosphorsäure, das Silber als dünnes Blech zur Erkennung von Schwefel in in Wasser löslichen Schwefelmetallen, welche man bei Löthrohrproben für sich oder mit Soda erhalten hat und sie auf Silberblech gelegt mit Wasser befeuchtet, wodurch es sich braun bis fast schwarz färbt, das Kupferoxyd zur Erkennung von Chlor, das Lackmus-, Curcuma- und Fernambuckpapier (meist auf dem nassen Wege angewendet) zur Erkennung von saurer oder alkalischer Reaction.

II. Prüfung der Minerale auf dem nassen Wege.

Hierbei untersucht man die Minerale bezüglich ihrer Löslichkeit in Flüssigkeiten und zwar zunächst in Wasser, in welchem zwar viele, doch immerhin gegenüber den in Wasser unlöslichen Mineralen, etwa nur 10 Procent der bekannten Mineralarten löslich sind, wie z. B. die der Gruppe der Salze (s. d. Artikel). Bei den in Wasser unlöslichen wendet man zur Lösung Chlorwasserstoff- oder Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, auch bisweilen Königswasser (Salpeter-Salzsäure) oder kochende Kalilauge an. Bei den Mineralen, welche als Harze beschrieben wurden (II, 118), wendet man auch Alkohol, Aether, Stein- und Terpentinöl an.

Bei allen Versuchen, Minerale in Flüssigkeiten zu lösen, wobei man oft das Lösungsmittel erwärmt, bis zum Kochen, beachtet man zunächst, ob sie leicht oder schwer oder nicht, vollständig oder unvollständig gelöst werden, ob dabei Bestandtheile ausgeschieden werden, wie z. B. Kieselsäure aus Silicaten als gallertartige, schleimige oder pulverulente, Schwefel aus Schwefelverbindungen, ob sich Gase entwickeln, wie Kohlensäure, Chlor, Schwefelwasserstoff und Fluorwasser-

stoffsäure, ob die Lösung oder das Lösungsmittel eine bestimmte Färbung zeigt u. s. w. Auch werden v. d. L. erhaltene Schmelzen zu lösen versucht.

Bei eingehenderen Untersuchungen werden den Lösungen Reagentien verschiedener Art beigefügt und es können auf dem nassen Wege fast alle Bestandtheile aufgefunden werden. Hierbei ist besonders auf bezügliche Werke, wie C. Rammelsberg's Handbuch der Mineralchemie, Leipzig 1875, H. Rose's Handbuch der analytischen Chemie, herausgegeben von R. Finkener, 2 Bände 1867 bis 1871, F. Wöhler's Mineralanalyse, Göttingen 1862; Fresenius Anleitung zur qualitativen Analyse 1874, sowie auf den pag. 211 in Naumann's (Zirkel) Elementen der Mineralogie enthaltenen Abschnitt 3 (Prüfung der Mineralien auf ihre wichtigsten Elemente) und den in G. Tschermak's Lehrbuch der Mineralogie pag. 216 angegebenen Abschnitt 151 (Erkennung der Bestandtheile in einfachen Fällen) zu verweisen.

Reptilien

von

Dr. Friedr. Rolle.

Die **Reptilien** (oder Kriechthiere, Schleicher,) *Reptilia* bildeten mit den Amphibien oder Lurchen zusammen Linné's Klasse *Amphibia* und wurden erst durch Blainville (1823) und andere von denselben abgeschieden. Amphibien und Reptilien stellen jedenfalls zwei nahe verwandte, aber in anderen, namentlich anatomischen und embryologischen Charakteren weit auseinandergehende Klassen dar, die in einer frühen Zeit, jedenfalls vor der permischen, vielleicht gar schon vor der carbonischen Epoche sich geschieden haben.

Die Amphibien sind die primitivere Abtheilung, sie knüpfen noch nahe an die Lurchfische oder Doppelathmer *(Dipneusta)* und durch diese in entfernterer Linie an die Fische, namentlich an die Selachier an. Die Reptilien dagegen stehen schon um eine beträchtliche Stufe höher und zwar sowohl nach ihrer Organisation in ausgereiftem Zustande als auch nach ihrer Entwicklungsgeschichte. Sie knüpfen nicht an die Fische, sondern eher an die fischförmigen Amphibien oder Ichthyoden, sowie an die erloschenen Ganocephalen an. Sie zeigen ferner eine nahe Verwandtschaft mit den Vögeln und kommen in einzelnen Stücken auch den Säugethieren mehr oder minder nahe. Jedenfalls stellen die Reptilien eine höhere Form der Wirbelthiere mit ausgesprochenerem Land- und Luftleben dar, gleichviel ob man eine oder zwei Klassen annimmt.

Die geologische Geschichte beider Klassen zeigt, dass sie in einer sehr frühen Epoche weit auseinander gingen, mindestens zur Zeit des Rothliegenden und des Kupferschiefers — und von da an verlaufen sie durch die jüngeren Formationen in wohlgeschiedenen Formenreihen neben einander. Diese von der permischen Epoche an fossil gefundenen Vertreter beider Klassen lassen sich auch durchweg mit grosser Bestimmtheit der einen oder der anderen Seite zutheilen. Nur über die der Abzweigung der älteren und ältesten Reptilien aus jenen, dem noch älteren Amphibien-Stamme angehörigen Formen könnte noch ein Zweifel bleiben.

Der Hauptgegensatz zwischen lebenden Amphibien und Reptilien fällt auf die Athmung. Während die Amphibien entweder zeitlebens durch die Kiemen und Lungen athmen oder in ihrem mehr oder minder lang dauernden Larven-

zustande noch Kiemen besitzen und später erst statt deren die Lungen erhalten, sind alle Reptilien von ihrer Geburt an bereits echte Lungenathmer. Sie besitzen zu keiner Zeit ihres Lebens zur Athmung dienende Kiemen und die wirklich zur Entwicklung gelangenden Kiemenbogen werden frühzeitig zu ganz anderen Gebilden umgestaltet.

Wäre der Unterschied zwischen Amphibien und Reptilien auf die verschiedene Athmungsweise begrenzt geblieben, so würde es — da weder Kiemen noch Lungen fossiler Erhaltung fähig sind und nur ausnahmsweise wie bei den Archegosauren verknöcherte Kiemenbogen sich erhalten haben — mit der Eintheilung der fossilen Reste aus beiden Klassen misslich stehen. Aber mit der Ablösung der Kiemenathmung durch Lungenathmung und dem entschiedenen Eintritt in das Land- und Luftleben stellen sich auch noch mannigfache andere Unterschiede in den festen zu fossiler Erhaltung geeigneten Körpertheilen ein, welche bald hie bald da in streitigen Fällen zur Entscheidung führen. In den Vordergrund tritt hier die Art der Gelenkverbindung zwischen dem Hinterhauptsbein *(os occipitale)* und dem vordersten Halswirbel *(atlas)*. Die Reptilien haben hier nur einen einzigen medianen Gelenkknopf. Die Amphibien aber zeigen theils noch ein knorpeliges Hinterhauptsende, theils trägt, wenn die Verknöcherung soweit vorgerückt ist, ihr Hinterhauptsbein zwei solche Kugelgelenke *(condyli occipitales)*.

Es ist übrigens anzunehmen, dass von Amphibien aus der Verwandtschaft von *Dendrerpeton, Archegosaurus* u. s. w. mit knorpelig weichem Hinterhaupt die ersten Reptilien sich abzweigten und dass diese von eidechsenartiger Gestalt, auch in ihrem Hauptzweige von fünffingerigem Fussbau waren — während vielleicht ein besonderer mariner Zweig stets auf der Stufe des Flossenfusses verharrte.

Echte Reptilien kennen wir im paläozoischen System — abgesehen von den in der Steinkohlenformation von Neuschottland gefundenen Eosaurus-Wirbeln — noch nicht eher, bis wir die obere Grenze der für das Rothliegende bezeichnenden Morast-Flora überschritten haben. Sie mögen im trockeneren Binnenland gelebt haben. *Protorosaurus* taucht alsbald mit dem Kupferschiefer auf und es folgen dann mit der Trias reichlichere Formen der Landreptilien, von denen die meisten sich ungezwungen als Abkömmlinge oder nahe Seitenverwandte desselben deuten lassen.

Zweifelhaft ist es zur Zeit noch, ob schon während der Steinkohlenformation in Flussmündungen luftathmende schwimmende Reptilien lebten, man bezieht auf solche ein paar Wirbelkörper, *Eosaurus Acadianus* Marsh, sie gleichen denen der Ichthyosauren. Sollte es, wie man annehmen kann, durch spätere Funde sich noch bestätigen, dass *Eosaurus* ein Vorfahre der Ichthyosauren und gleich diesen ein Flossenfüsser war, so würde dies dahin deuten, die Halisaurier oder Enaliosaurier möchten eine eigene Unterklasse der Reptilien sein, welche — unabhängig von den Ganocephalen und Protorosauren — von Haien und Dipneusten (Ceratoden) ausgeht. Für diese Unterklasse wäre dann das *Archipterygium* (Vergl. I. pag. 413 und 429.) maassgebend.

Im permischen System mag die Reptilienfauna schon ziemlich zahlreich entwickelt gewesen sein, aber ihre Vertretung im Archiv ist noch dürftig. *Protorosaurus Speneri* aus dem deutschen Kupferschiefer ist ein thecodontes Reptil, das die Charaktere der Eidechse mit gewissen Zügen vom Krokodil vereinigt. Es ist eine Land-Eidechse, deren Zähne aber wie bei den heutigen Krokodilen in besonderen ringsum geschlossenen Zahnhöhlen eingekeilt sind (thecodontes Ge-

biss). Dies scheidet sie von den heutigen Eidechsen. Die Wirbelsäule ist verknöchert, die Wirbelkörper aber sind noch vorn und hinten ausgehöhlt (sogen. Fischwirbel). Die Gliedmaassen sind die der landbewohnenden Reptilien, und die Füsse fünfzehig. Das Thier war nach Art der echten Eidechsen namentlich der Monitoren mit einem Schuppenkleid versehen. Man darf nach allem dem annehmen, dass diese thecodonten Lacertilien des permischen Systems in entlegener Linie von Fischen und fischartigen Amphibien abstammen und zweitens, dass die Nachkommenschaft derselben sich in zwei heute scharf geschiedene Ordnungen — Eidechsen und Krokodile gespalten hat. *Protorosaurus Speneri* MEY. fand sich in mehreren Skeletten erhalten im Kupferschiefer von Thüringen.

Das glänzendste Zeitalter der Reptilien war die mesozoische oder secundäre Periode. Dies äussert sich sowohl mit dem reichlichen Hervortreten der Klasse überhaupt, als auch nach der Zahl und Mannigfaltigkeit der Ordnungen und nicht minder nach der Zahl und dem oft riesenhaften Wuchs der Arten, die bald im Meere, bald auf dem Festlande in ungeschlachten Gestalten auftauchten, mit Schluss dieser Periode aber rasch zurückgingen und den Säugethieren die Hegemonie abtraten.

Im Meere hausten zahlreiche schwimmende Reptilien zum Theil mit ruderförmigen Flossenfüssen ausgestattet wie die Ichthyosauren und Plesiosauren, deren grösste Arten 10—12 Meter Länge und darüber erreichten.

Mächtige Reptilien-Formen beherrschten in der gleichen Periode das Festland, wie namentlich die zum Theil ebenfalls ungeheuerlichen Dinosaurier, die sowohl durch Fleischfresser als durch Pflanzenfresser vertreten erscheinen und zum Theil aufrecht auf den Hinterfüssen einherschritten. Von diesen wird *Atlantosaurus immanis* aus dem oberen Jura der Rocky Mountains auf mehr als 26 Meter (80 Fuss) Länge geschätzt — und es scheint, dass auch in der Trias-Epoche schon sehr grosse Dinosaurier das Festland inne hatten. Für einen Dinosaurier gilt der im oberen Keupermergel von Stuttgart vorkommende *Zanclodon* (Messer-Zahn) von 10 oder 12 Meter Länge.

Dazu bevölkerten den Luftkreis die abenteuerlich gebauten Flugechsen oder Pterodactylen und nahmen im Naturhaushalte ungefähr dieselbe Stellung ein wie jetzt die grossen Raubvögel. Der grössten Art *Pteranodon* aus der Kreide von Kansas wird eine Flügelspannweite von 8 Meter (25 Fuss) zugeschrieben. Sie waren ihrem Skelettbau zufolge eidechsenartige Reptilien, aber der Lebensweise der Vögel angepasst.

Mit Beginn der Eocän-Epoche ist das Alles anders. Nur noch die vier Ordnungen Eidechsen, Schlangen, Schildkröten und Krokodile sind von da an vertreten, ein schwacher Ueberrest der stattlichen Reptilien-Schaar, die einst in der secundären Periode das Festland und das Meer beherrschten.

Neben spärlichen Resten von Ichthyosauren erscheinen in den Meeresablagerungen des Trias-Systems eine Anzahl von Simosauriern oder Nothosauriern. Es sind flossenfüssige Reptilien mit langem Schwanenhals, die nächsten Verwandten und Vorläufer der jurassischen Plesiosauren. Man kennt den vollständigen Schädel. Zerstreute Knochen sind besonders häufig im Muschelkalk der Gegend von Baireuth.

Eine eigenthümliche Stellung nimmt neben ihnen die Gattung *Placodus* ein, die AGASSIZ erst zu den Pycnodonten (Ganoiden) stellte. Man kennt den Schädel mit dem sehr auffallenden Gebisse. Das übrige Skelett ist unbekannt. Oberkiefer und Gaumen tragen ein Pflaster von breiten, glatten, gewölbten Mahlzähnen, ähnlich

denen der Pycnodonten. Dazu kommen im vorderen Kiefertheile mehrere ziemlich stumpfe Schneidezähne. Die Schädelform deutet einen Saurier an, der wohl von kalkschaligen Mollusken und hartem Seetang lebte, und vermuthlich am nächsten den Simosauriern stand.

Eine ganz eigenthümliche und sehr formenreiche Reptilien-Fauna hat in neuerer Zeit (seit 1858) der rothe Sandstein von Süd-Afrika geliefert. Er ist vielleicht ein Aequivalent des permischen Systems (des Rothliegenden und Kupferschiefers von Mittel- und Nord-Europa), jedenfalls aber nicht jünger als der Buntsandstein der Trias. In diesem abgelegenen Gebiet überraschen uns seltsame Gestalten, die Anomodonten (Kryptodonten) mit einem wie bei den Schildkröten zahnlosen Gebiss oder auch noch zwei mächtigen Fangzähnen im Oberkiefer und die Theriodonten mit einem reichlich ausgestatteten Gebisse, das schon ähnlich wie bei den Säugethieren in Schneidezähne, Eckzähne und Backenzähne verschiedentlicht ist. Diese südafrikanische Reptilien-Fauna bietet einen starken Gegensatz zur permischen und zur triasischen von Europa und von Nord-Amerika und verkündet jedenfalls, dass um diese Zeit in einem abgeschlossenen Continental-Gebiete an der Stelle des heutigen Süd-Afrika eine reichliche und absonderliche Ausbildung eines einzelnen Zweiges der Klasse vor sich ging und dabei der späteren Säugethierwelt schon einigermaassen präludirt wurde. Man hat in dieser südafrikanischen Gesellschaft auch schon die Wurzel der Säugethiere zu finden geglaubt, aber der einfache *condylus occipitalis* der ersteren steht einer solchen Herleitung im Wege.

Zu den Anomodonten gehört nach R. OWEN auch die Gattung *Rhynchosaurus* aus der Trias von England. Sie zeigt einen an Schildkröten und Vögel erinnernden Schädelbau und zahnlose Kiefern. Dies ist der einzige europäische Vertreter der vielleicht etwas älteren und viel reicheren Anomodonten-Fauna des rothen Sandsteines von Süd-Afrika.

Eine reichliche Reptilien-Fauna verkündet sich mit den mannigfachen Fussfährten des rothen Sandsteines (Keuper) von Connecticut, die dreizehige und vierzehige aufrecht auf den Hinterfüssen schreitende Landthiere andeuten. Man bezog sie anfänglich auf Vögel, jetzt nach besserer Kenntniss auf die aufrecht gehenden Dinosaurier, unter denen man jetzt aus dem oberen Jura der Rocky Mountains auch dreizehige Formen kennt. Grosse Dinosaurier waren in der Triasepoche in Europa schon vertreten, wie namentlich das aus dem oberen Keupermergel von Stuttgart stammende grosse Skelett des *Zanclodon* zeigt. Es war nach den mit vorkommenden Zähnen ein Fleischfresser. Die letzten krallentragenden Zehen-Phalangen desselben wurden 10—15 Centim. lang.

Der Triasepoche gehören auch die ersten gepanzerten Krokodilier an. Sehr vollständig bekannt ist die Gattung *Belodon* aus dem weissen Keupersandstein von Stuttgart. Dieser 7 Meter Länge erreichende Saurier war von gavialartiger Gestalt mit biconcaver Wirbelbildung, thecodontem Gebiss und vierzehigen oder fünfzehigen Gliedmaassen. Belodonten-Reste finden sich auch in der Trias von Nord-Amerika.

Die Reptilien-Fauna des Meeres der Jura-Epoche bestand aus zahlreichen, zum Teil beträchtliche Grösse erreichenden Halisauriern und aus gepanzerten Krokodiliern, erstere durch flossenförmige vieltafelige Gliedmaassen bezeichnet, letztere mit freien Zehen, beide noch mit biconcaven (amphicölen) Wirbeln versehen. Dazu kommt im oberen Jura noch das erste spärliche Auftreten von Meeresschildkröten.

Wie im Meere scheinen die Reptilien während der Jura-Epoche auch auf dem Festlande durch Zahl der Arten, Grösse der Individuen und räuberische Austattung die Oberherrschaft behauptet zu haben. Die Hauptrolle spielten hier die Dinosaurier mit ihren theils räuberischen, theils pflanzenfressenden Arten. Neben ihnen hausten eine Anzahl von Eidechsen, die zum Theil den heute lebenden Familien und Gattungen schon ziemlich nahe kamen und im Luftkreis trieben sich Pterodactylen oder Pterosaurier umher.

Weit abweichend von allen heute lebend vertretenen Reptilien-Ordnungen waren die Halisaurier oder flossenfüssigen Meeressaurier der Jura-Epoche, die zum Theil den Nothosauren der Trias sich eng anschliessen.

Sie zerfallen in kurzhalsige oder Ichthyosaurier und in langhalsige oder Plesiosaurier. Beide sind ausschliessliche Meeresbewohner, die aber wie die Wale des heutigen Meeres Luft athmeten und gleichwohl nie das Festland betreten haben mögen, wahrscheinlich auch lebendige Junge gebaren. Sie waren gleich den Nothosauren mit platten Flossenfüssen versehen, in denen Fusswurzel und Zehen noch durch ein vielzähliges Tafelwerk von kleinen rundlich-polygonalen Knochen vertreten erscheinen. Ihre Haut war allem Anscheine nach nackt, wenigstens haben auch die am besten erhaltenen Funde keine Spur von Knochenplatten oder Schuppen geliefert.

Die kurzhalsigen Ichthyosauren besassen beiläufig die schlankgedrungene Gestalt der heutigen Delphine und erreichten 6—10 Meter Länge und darüber. Sie beginnen spärlich in der Trias, liefern stattliche Skelette im unteren Lias von England, sowie im mittleren Lias von Franken und Schwaben und werden dann spärlicher. Im oberen Jura von Solenhofen kennt man noch einen *Ichthyosaurus*, die letzten paar Arten sollen mit der Kreide-Formation erlöschen. Während alle Halisaurier der europäischen Formationen durch ein kräftiges Gebiss, dessen kegelförmige in einer Alveolar-Rinne sitzende Zähne mit denen der Krokodile wetteifern, ausgezeichnet erscheinen, ist *Sauranodon natans* Marsh aus dem oberen Jura der Rocky Mountains das bis jetzt einzige Beispiel eines zahnlosen Ichthyosauriers. Der wahre *Ichthyosaurus* dagegen ist bis jetzt in Amerika noch nicht nachgewiesen.

Die langhalsigen und kurzköpfigen Plesiosauren, unmittelbar den Nothosauren sich anschliessend, stellen sich im unteren Lias ein, wo sie 3 Meter Länge und darüber erreichten. Sie erloschen in der oberen Kreide. Ein eigenthümlicher Ausläufer der Plesiosaurier-Familie ist *Pliosaurus* aus dem oberen Jura (Kimmeridge-Stufe) von England. Es ist ein kurzhalsiger Halisaurier von der Halsbildung des *Ichthyosaurus*, aber in allen anderen anatomischen Charakteren mit *Plesiosaurus* zunächst verwandt — also ein Plesiosaure, der die äussere Gestalt der Ichthyosauren angenommen hat. Er soll 13 Meter Länge erreicht haben.

Mit den Ichthyosauren und Plesiosauren theilten sich während der mesozoischen Periode die mit Knochenplatten bepanzerten Krokodilier in die Meeresherrschaft. Ihre Vertreter in Keuper, Lias und Jura sind Amphicölier — mit biconcaven Wirbeln. Sie beginnen in Keuper mit Belodon. Ihre heutigen Nachkommen sind Flussbewohner und befahren nur noch spärlich das Meer. Diese sind Prosthocölier — mit nur an der Vorderseite concaven Wirbeln — während die Amphicölier schon seit Beginn der Eocän-Epoche erloschen sind.

In der Jura-Epoche herrschen Teleosaurier *(Crocodilia amphicoelia)* mit langer Gavial-Schnauze und sind durch mehrere Gattungen wie *Mystriosaurus*, *Teleosaurus* u. s. w. vertreten. Sie stehen, abgesehen von der biconcaven Bildung der

Wirbelkörper, den heutigen Krokodiliern, namentlich aber den langschnauzigen Gavialen von Süd-Asien schon sehr nahe, waren auch gleich diesen mit dicken viereckigen Knochenschildern über den Rücken gepanzert. Vermuthlich waren sie auch einigermaassen zum Betreten des Festlandes geschickt, wo sie wenigstens ihre Eier abgelegt haben mögen.

In der Reihenfolge der Krokodilier ist von Keuper und Lias an bis zur Gegenwart in der Ausbildung der Wirbelsäule eine fortschreitende Steigerung zu gewahren, wie sie ähnlich auch bei anderen Ordnungen der Reptilien sich herausstellt. Die älteste Familie derselben in Lias und Jura verbreitet, sind die *Crocodilia amphicoelia*, zu welchen *Mystriosaurus* und *Teleosaurus* gehören, neuerdings auch *Belodon* aus dem Keuper gezählt wird. Ihre Wirbelbildung ist biconcav oder amphicöl, wie sie der Embryo der heutigen höher organisirten Krokodile vorübergehend noch durchläuft. Die letzten Vertreter finden sich in Kreide-Schichten vertreten. Aber in der Kreide-Formation beginnt dafür die höher stehende Familie der *Crocodilia procoelia* oder *prosthocoelia*, deren Wirbel wie die der Säugethiere an der Vorderseite concav und an der Hinterseite convex sind. Dahin gehören auch noch die heute lebenden Gattungen der Krokodilier — während die Amphicölier längst ausgestorben sind und schon in den Tertiär-Schichten fehlen.

Mächtige Dinosaurier, ausgezeichnet durch kräftigen Bau des Kreuzbein's *(sacrum)* und des Beckens und zum Theil durch hohle Gliedmaassenknochen das Landleben verkündend, hausten wie schon zur Zeit der Trias, so auch in der Jura-Epoche auf dem bewaldeten Festland und wohl auch in den Morästen der Meeresküste. Manche, wenn nicht alle scheinen gelegentlich aufrechten Gang angenommen zu haben. Einige hüpften. Es waren der Bezahnung zufolge Fleischfresser, theils Pflanzenfresser. Zu den letzteren gehörte *Scelidosaurus* aus dem unteren Lias von England. *Megalosaurus*, ein grosser fleischfressender Dinosaurier, erscheint im mittleren Jura u. a. zu Stonesfield und seine Reste finden sich noch häufig in den Purbeck-Schichten und im Wealden von Süd-England. Hüpfende fleischfressende Dinosaurier, deren lange Hinterbeine beim Sprunge — ähnlich wie bei den Känguru's von Australien — durch einen kräftig gebauten Schwanz unterstützt wurden, waren die Compsognathen. Ein fast vollständiges Skelett hat sich im Kalkschiefer des oberen Jura von Solenhofen gefunden. Zahlreich sind die Reste grosser fleischfressender Dinosaurier in den fluviomarinen Lagern *(estuary deposits)* von Colorado und Wyoming, die auch schon der Wealden-Stufe zugezählt wurden. Andere Dinosaurier aus dem oberen Jura der Rocky Mountains erreichten nur geringe Grösse. Dahin gehört *Nanosaurus*, ein Thier von der Grösse einer Katze.

Andere Dinosaurier der Jura-Epoche waren Pflanzenfresser. *Scelidosaurus* aus dem unteren Lias von Charmouth (Dorsetshire) ist einer der ältesten näher bekannten Dinosaurier, ein pflanzenfressender Landbewohner mit breiten an den Rändern gezähnelten Zähnen. Seltsame und riesenhafte Gestalten erscheinen unter den pflanzenfressenden Dinosauriern des oberen Jura von Colorado und Wyoming. Unter ihnen ist *Atlantosaurus immanis* MARSH, man schreibt ihm mehr als 26 Meter (80 Fuss) Länge zu. Es war die grösste aller bisher bekannt gewordenen Reptilienarten und ein Pflanzenfresser. Nicht so gross wie vorige Art, aber nach einem fast vollständigen Skelett bekannt ist *Morosaurus grandis* MARSH aus Wyoming, ebenfalls ein Pflanzenfresser.

Fliegende Saurier, Pterosaurier der Gattungen *Pterodactylus*, *Rhamphorhynchus*,

Dimorphodon u. s. w. belebten vom Lias an die Atmosphäre und erloschen mit der oberen Kreide. Sie waren Raubthiere und mögen auf kleinere Wirbelthiere, Saurier-Eier, Insecten u. dergl. Jagd gemacht haben. Bei diesen Flugsauriern war der zur ganzen Rumpflänge ausgestreckte äusserste Finger der Vorderfüsse der Hauptträger des Flugvermögens und spannte die Flughaut jederseits des Körpers aus. Ihr Skelett-Bau erweist sie als ächte Saurier, die nur in einzelnen Stücken den Vögeln analog waren.

Die Schildkröten beginnen mit ausgebildetem Gepräge ihrer Ordnung im Jura. Ihre älteren Vorfahren liegen noch im Dunkeln, vielleicht knüpfen sie an die Anomodonten an, wenigstens lässt eine gewisse Aehnlichkeit in Schädelgestalt und Gebiss muthmaassen, Schildkröten und Anomodonten dürften verwandte Ausläufer aus gleicher Wurzel sein. Meeresschildkröten erscheinen zum ersten Male und noch spärlich im oberen Jura. Süsswasserschildkröten bewohnten gleichzeitig mit ihnen das Festland-Gebiet. Man kennt deren aus dem oberen Jura von Solenhofen und Cirin, auch andere aus der Purbeck-Zone von England. Aechte Landschildkröten fehlten um diese Zeit noch.

Eine eigene Erscheinung in der Kreide-Formation ist das Auftreten grosser schwimmender Meereseidechsen. Es sind die Mosasauren, von denen der *Mosasaurus Hoffmanni* von Mastricht am frühesten bekannt geworden ist. Keine andere Epoche hat etwas Aehnliches aufzuweisen. Es waren mächtige Raubthiere von acrodonter Bezahnung. Sie besassen einen hohen schmalen Ruderschwanz. Die Gliedmaassen waren kurz und mit ausgebildeten, aber durch Schwimmhäute verbundenen Zehen versehen. Sie waren durch mehrere Gattungen vertreten und sind nur aus der Kreide-Formation bekannt. Am reichlichsten erscheinen sie in den fluviomarinen Absätzen der Rocky Mountains, Nord-Amerika.

Die Halisaurier zeigen in der Kreide-Formation ihre letzten Vertreter. Die Ichthyosauren verlieren sich mit spärlichen Resten. Die Plesiosauren sind sowohl in England als in Nord-Amerika noch in Kreide-Schichten vertreten, erlöschen hier aber und nach der grossen Lücke fehlt in den Meeresabsätzen jede Spur von ihnen. Mit dieser Lücke erscheint die ganze Ordnung der flossenfüssigen Meeressaurier vollständig ausgestorben. Was ihren Untergang herbeiführte, liegt für uns im Dunkeln, man könnte etwa vermuthen, dass die damals im Meere in Zunahme begriffenen Selachier den Jungen der Halisaurier mit Erfolg nachstellten.

Die landbewohnenden Dinosaurier verlieren sich im Verlauf der Kreide-Epoche. Noch während der Ablagerung der Wealden-Schichten erfüllten sie sumpfige Festlandgebiete mit zahlreichen riesenhaften Gestalten, Fleischfresser wie Pflanzenfresser gleichwie schon in der Jura-Epoche. Sie bewohnten namentlich das ausgedehnte Aestuarium oder Fluviomarin-Gebiet, in welchem sich die Wealden-Beds des südöstlichen Englands ablagerten. Hierher gehören von Pflanzenfressern *Iguanodon* und *Hylaeosaurus*, von Fleischfressern *Megalosaurus* und *Pelorosaurus*. Von ihnen sind namentlich die grossen plump gebauten Iguanodonten häufig und gut bekannt. Ihre starken und schneidigen, auch im Verlaufe der Abkauung noch schartkantig bleibenden Mahlzähne verrathen Pflanzenfresser. Die mit Markhöhlen versehenen Gliedmaassenknochen und das starke Heiligenbein deuten auf einen Landbewohner. Sie bewohnten in grosser Individuen-Zahl die Flussniederungen von Südwest-England und mögen besonders von Cycadeen-Laub gelebt haben. Aber bald darnach treten die Dinosaurier zurück. Der obere Grünsand *(upper cretaceous greensand)* von Neu Jersey liefert die letzten bekannten

Dinosaurier-Gattungen, wie *Hadrosaurus* u. a. In der Tertiär-Formation erscheint keinerlei Spur mehr von ihnen.

Fliegende Saurier — Pterodaktylen und Pteranodonten — bewohnten in der Kreide-Epoche noch das Festland und zum Theil in sehr grossen Arten, von denen die Pteranodonten von Nord-Amerika eine Flugweite von 8 Meter erreicht haben sollen. Ihr Erlöschen mag zum guten Theil auf der steigenden Mitbewerbung der damals an Ausbreitung gewinnenden Vögel beruhen — so kann die Jungenpflege für die Vögel den Ausschlag gegeben haben. Nach der grossen Lücke wird kein Flugsaurier mehr fossil gefunden. Die Vögel sind ganz an ihre Stelle getreten.

Im Zeitalter der Kreide ist die Hegemonie der Reptilien-Klasse noch ausgesprochen, aber sie nimmt hier deutlich schon von den älteren zu den jüngeren Stufen ab und mit dem Abschlusse der Kreide-Formation stellt sich mehrfach in der Fauna der Reptilien über Land und Meer ein auffallender Gegensatz ein. Jenseits der grossen Kluft, die sich zwischen oberer Kreide und unterem Eocän einschaltet, folgt eine anders abgestufte Thierwelt, in welcher alsbald die Säugethiere an der Stelle der Reptilien die Herrschaft antreten.

Welches die Ursachen des Unterganges so vieler mächtiger Reptilien im Meere und auf dem Festlande waren, ist nicht mehr unmittelbar darzulegen. Vermuthen lässt sich, dass Haie und andere grosse Raubfische im Meere ihren Eiern und Jungen überlegen wurden. Vermuthen lässt sich auch, dass auf dem Festland die Vertilgung ihrer schutzlos der Sonnenwärme überlassenen Eier durch Vögel und kleine Säugethiere zu ihrem Rückgang führten.

In den Tertiärschichten finden wir von Reptilien nur noch die vier Ordnungen — Eidechsen, Schlangen, Krokodilier und Schildkröten — vertreten, die auch noch in der Jetztwelt mehr oder minder reich an Familien, Gattungen uud Arten fortleben. Ausgestorben sind mit Beginn der Eocän-Epoche, wenn nicht bereits schon vor Schluss der Kreide-Formation, — im Meere die flossenfüssigen Saurier — auf dem Festlande die Dinosaurier und die Pterodaktylen, ebenso die Anomodonten und Theriodonten in einer früheren Epoche bereits.

Warum gerade Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten in jener Zeit der Gegensätze dem Erlöschen entgingen, entzieht sich im Ganzen der Ergründung. Doch scheint bei den Krokodilen der Rückzug aus dem Meer in das Flusswasser ein maassgebender Umstand gewesen zu sein. Wenigstens wiederholt sich diese Erscheinung auch in anderen Thierklassen, wie bei den Stören, den eckschuppigen Ganoiden, den Lurchfischen u. s. w.

Die jüngste Ordnung der Reptilien sind die Schlangen, die wahrscheinlich während der Kreide-Epoche aus fusslosen Eidechsen hervorgingen. In der Eocän-Epoche sind sie schon durch sehr grosse Arten vertreten und von da offenbar im Zunehmen begriffen.

Wir sondern die Reptilien in zwei Unterklassen 1. ächte Reptilien mit gefingertem, in typischer Form fünffingerigem Fusse und 2. Halisaurier oder flossenfüssige Meeressaurier, für deren Fussbildung noch das *Archipterygium* der Haie (Selachier) und der Ceratoden (Dipneusten) maassgebend ist.

Zu den ächten Reptilien zählen vier Ordnungen der heutigen Fauna, die Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten. Dazu kommen aus den urweltlichen Faunen noch drei oder vier weitere und ausgestorbene Ordnungen, die Anomodonten nebst den Theriodonten, die Pterosaurier und die Dinosaurier[1]).

[1]) Die Bezeichnung Saurier (vom griechischen *saura* oder *sauros)* begreift im engeren Sinne die Eidechsen, *Sauria squamata*, und die Krokodile, *Sauria loricata*. In weiterem Sinne

Diese eigentlichen Reptilien besitzen einen gefingerten in der Regel fünffingerigen Fuss, sofern sie nicht denselben wie die Schlangen und einige Eidechsen durch Verabsäumung wieder eingebüsst haben. Ihr ältester Vertreter ist der *Protorosaurus* des Kupferschiefers von Thüringen, der seinerseits auf Abkunft von Ganocephalen (*Dendrerpeton* u. s. w.) des Steinkohlengebirges zurückdeutet. Er steht nach den erhaltenen Skelett-Theilen unseren gewöhnlichen Eidechsen schon sehr nahe.

Wir beginnen mit den Eidechsen, *Lacertilia*, der ursprünglichsten von den vier heute noch lebenden Reptilien-Ordnungen und wir theilen sie in die erloschenen Thecodonten und die noch lebend vertretenen echten Eidechsen. Sie unterscheidet besonders die Art des Gebisses.

Die Thecodonten, *Lacertilia thecodontia* sind die Vorfahren der übrigen. Ihre Zähne sind in besondere Alveolen eingekeilt (wie bei den Krokodilen). Die Krone derselben ist bald kegelig, bald mehr oder minder zusammengedrückt. Die Wirbelkörper sind biconcav. Das Heiligenbein besteht aus drei Wirbeln. Die Gliedmaassen sind zum Gehen eingerichtet, für die Zehen aber ist die Fünfzahl ursprünglich.

Von mehreren Gattungen thecodonter Eidechsen heben wir nur den im Kupferschiefer auftauchenden und sehr bekannt gewordenen *Protorosaurus* hervor. Er steht den heute lebenden Eidechsen der Gattung *Monitor* oder *Varanus* bereits schon so nahe, dass noch CUVIER dieser Gattung ihn anschloss und *Monitor fossilis* nannte. Die Protorosauren sind Thecodonten von der Körpergestalt der Monitoren und mit dem Schuppenkleid echter Eidechsen. Die in besonderen Alveolen sitzenden Zähne (thecodontes Gebiss) sind fast gerade, kegelig, scharf zugespitzt (oben 18 + 18, unten 16 + 16, zusammen 68). Der Kopf ist mässig gross und schlank, ähnlich dem des Nilkrokodils, der Hals beiläufig ebenso lang als der Rücken, aber nur aus 7 Wirbeln bestehend. Dazu kamen mehr als dreissig Schwanzwirbel. Die Rückenwirbel (15 oder 16) tragen hohe Dornfortsätze. Sacralwirbel 2 oder 3. Brustgürtel und Beckengürtel gross und stark. Vordere Gliedmaassen kürzer als die hinteren. Alle Füsse mit fünf gut ausgebildeten Zehen, wie bei den Monitoren. Handwurzelknochen noch unvollkommen entwickelt.

Von *Protorosaurus Speneri* MEY. kennt man aus dem Kupferschiefer von Thüringen (Kupfersuhl bei Eisenach, Eisleben u. a. O.) mehrere ziemlich vollständige Skelette. Die Länge des Thieres betrug darnach 1 Meter oder darüber, bis 2 Meter. Es war ein fleischfressender Landbewohner, der aber vielleicht an der Küste lebte und gelegentlich auch ins Wasser ging, um Fischen nachzustellen, wozu ihn Knochenbau und Gebiss befähigten. Man kann ihn mit gutem Fug als den Stammvater der Eidechsen und überhaupt aller pentadaktylen oder fünfzehigen Reptilien betrachten. Wenigstens steht er von diesem nicht weit abseits. Biconcave Wirbel und unvollkommen ausgebildete Handwurzelknochen weisen auf Ganocephalen und andere Amphibien zurück.

Die echten Eidechsen sind, vom Gebiss abgesehen, sonst nicht scharf von den Thecodonten zu scheiden. Es sind im Allgemeinen langgestreckte, oft fast walzige langgeschwänzte und kurzbeinige Thiere, welche meist das Festland, seltener wie der *Amblyrhynchus* der Galopagos-Inseln das Meer bewohnen. Die Fünfzahl der Zehen ist bei ihnen ursprünglich und auch noch vorherrschend.

---

wird dieselbe Bezeichnung aber auch noch hin und wieder auf Ichthyosauren, Plesiosauren u. s. w. ja selbst auf Amphibien wie die Archegosauren, Mastodonsauren u. s. w. angewendet.

Andere Eidechsen haben durch Verabsäumung die vorderen oder die hinteren Gliedmaassen oder beide zusammen eingebüsst — aber dabei immer noch Schultergürtel nebst Brustbein und ein Becken-Rudiment behalten. So hat unsere Blindschleiche, *Anguis fragilis*, die äusseren Gliedmaassen bis auf die letzte Spur verloren und insoweit äusserlich die Schlangengestalt angenommen. Aber sie hat noch Brustbein und Becken. Dasselbe gilt von der Glasschleiche, *Ophisaurus*, in Nord-Amerika.

Das Gebiss ist wichtig. Thecodonten mit eingekeilten Zähnen kommen nur bei fossilen Vertretern vor. Die Zähne der Eidechsen der heutigen Fauna und aus jüngeren Formationen verwachsen im Allgemeinen in der Reife mit dem benachbarten Kieferknochen. Man unterscheidet Pleurodonten und Akrodonten. Bei den Pleurodonten verwachsen die Zähne an ihrer Seite mit den zahntragenden Knochen. So beim *Monitor, Varanus*. Häufig sitzen sie zugleich in einer gemeinsamen Rinne beider Kiefern. So bei *Lacerta* und bei *Iguana*. Bei den Akrodonten verwachsen die Zähne an ihrer Wurzel mit der Kante der Kieferknochen und verschmelzen innig damit. So bei den Geckonen und den Agamen.

Ferner ist bei den Zähnen der Eidechsen die Gestalt der Krone verschieden. Die Krone ist kegelig und spitz beim Monitor *(Varanus)*. Sie ist seitlich zusammengedrückt und gezähnelt bei dem Leguan *(Iguana)*, einer pflanzenfressenden Eidechse in Süd-Amerika. Sie ist abgerundet, breit und zum Zermalmen geeignet bei *Cyclodus*, einer australischen Gattung.

Die Wirbelkörper sind bei der Mehrzahl der lebenden Eidechsen prosthocöl, jedoch biconcav bei den tropischen und noch bis Süd-Europa reichenden Geckonen *(Ascalabotae)*. Biconcav sind sie auch bei den erloschenen jurassischen Eidechsen-Gattungen.

Echte Eidechsen scheinen im Jurasystem schon ziemlich reichlich vertreten gewesen zu sein. Dahin gehört *Homoeosaurus*, eine von der lebenden *Lacerta* nur noch wenig abweichende Gattung. Es sind Eidechsen mit biconcaven Wirbeln und mit fünf Zehen an Vorderfüssen und Hinterfüssen. Bezahnung acrodont. *Homoeosaurus neptunius* Mey. *(Lacerta neptunia)* aus dem lithogr. Schiefer des oberen Jura von Monheim erreichte nur 9 Centim. Länge.

Aus tertiären Lagern kennt man ebenfalls ziemlich viele Eidechsen-Reste, namentlich haben die Absätze aus den eocänen Seebecken der Rocky Mountains eine Anzahl eigener Gattungen und auch Arten von ansehnlicher Grösse geliefert.

Weiter ab von den echten Lacertilien stehen die Mosasaurier, *Mosasauria*, des Kreide-Systems, die mit Ende desselben bereits wieder erlöschen. Es sind grosse schwimmfüssige Meereseidechsen mit akrodonter Bezahnung und prosthocöler Wirbelbildung. Gliedmaassen kurz.

Mosasaurus Hoffmanni Mant. gehört der oberen Kreide (dem sogen. Kreidetuff) des Petersbergs bei Mastricht an, wo sich im Jahre 1780 ein 1,6 Meter langer Schädel fand. Dieser kommt in einigen Stücken mit dem des Monitor überein, aber auch die Flügelbeine *(ossa pterygoidea)* tragen noch Zähne.

Die Kieferzähne sind kegelförmig, aber etwas zusammengedrückt, mit schneidiger Krone. Ihre Basis verdickt sich bedeutend. Dadurch entsteht noch ein besonderer faserig knochiger Sockel. Dieser steht in einer flachen Grube. Er verwächst dann mit der Kantenhöhe der Kieferknochen. Das Auge enthielt einen Knochenring. Cuvier schätzte die Zahl der Wirbel auf 133 und die Länge des Thieres auf 25 Fuss = 8 Meter. Wahrscheinlich besass es Zehen mit Schwimmhäuten und einen seitlich zusammengedrückten Ruderschwanz ähnlich wie die Krokodile.

Dazu erscheinen die Mosasaurier in einer Anzahl von Gattungen und Arten in den fluviomarinen Absätzen der Kreideformation im Gebiete der heutigen Rocky Mountains. Man kennt hier Reste von Thieren, die eine Länge von wenigstens 18 Meter (60 Fuss) erreichten. Sie überwogen hier an Zahl und Grösse, wie auch nach ihrer räuberischen Lebensweise, alle Rivalen. Auch in Nord-Amerika erloschen die Mosasauren mit Abschluss der Kreideformation.

Die Schlangen, *Ophidia*, stellen einen offenbar erst spät von den Eidechsen abgegangenen Zweig dar. Vordergliedmaassen und Schulter gingen zuerst verloren. Aber von Becken und Hintergliedmaassen blieben bei einigen Schlangen noch Spuren übrig. So bei *Boa* und bei *Python*.

Die heute lebenden Schlangen sind beschuppte, der äusseren Gliedmaassen beraubte, den Eidechsen am nächsten verwandte Reptilien und so treten sie auch fossil auf. Ihre Körpergestalt entfernt sie scheinbar weit von den typischen pentadaktylen Eidechsen, aber auch unter letzteren treten mehrere fusslose Gattungen auf und der innere Bau zeigt, dass die Schlangen den Eidechsen weit näher stehen als beide den Krokodilen. Wichtigere Charaktere der Schlangen sind die unvollständige Vereinigung der Schädelknochen, die zeitlebens offen bleibende Naht zwischen beiden Unterkieferhälften, die bei den Schlangen die weite Ausspannung des Rachens ermöglicht, endlich die sehr zahlreichen Wirbel, bei den grossen Pythonen sind deren mehr als 400, bei *Boa* über 300. Dazu kommt der meistens vollständige Verlust der Gliedmaassen, des Schultergürtels und des Brustbeines — wogegen allerdings bei einigen wenigen Gattungen noch geringe Spuren von Becken und von Hintergliedmaassen zurückgeblieben sind.

Fossile Erhaltung von Schlangen ist schwierig gewesen. Erstlich sind sie (bis auf 3 oder 4 Gattungen) Landbewohner und werden daher nur selten in bleibenden Bodenschichten eingeschlossen, am seltensten gelangen sie wohl in Meeresabsätze. Zweitens ist ihr Skelettbau ungünstig. Sowohl Schädeltheile als Wirbeltheile fallen leicht auseinander und entgehen daher auch leichter der Erhaltung und der Beobachtung.

In der Juraformation kennt man zwar schon schlangenartig gestreckte Eidechsen, aber es fehlt hier noch an Funden ausgebildeter Schlangen. Die ersten erscheinen in der Kreide, dann eine grössere Anzahl in tertiären Ablagerungen und auch in diesen Schichten ergeben sie meist nur spärliche Funde. *Palaeophis toliapicus* Ow. aus dem eocänen Thon von Sheppy, nur nach Wirbeln bekannt, war eine etwa 12 Fuss (3,6 Meter) Länge erreichende Art und zwar eine Landschlange aus der Fam. *Boidae*, die der *Boa constrictor* von Brasilien nahe steht. Ebenso ist die geologische Verbreitung der Schlangen in Nord-Amerika. Die Eocänformation der atlantischen Region ergab mehrere Arten einer erloschenen meerischen Schlangengattung *Titanophis*. Eine der Arten wurde ohne Zweifel wenigstens 30 Fuss (9 Meter) lang.

Die Ordnung der Krokodilier, *Crocodilia*, ist mit gutem Grund von den thecodonten Lacertilien, entweder von *Protorosaurus* oder einer diesem nahe stehenden Gattung, abzuleiten. Die älteste fossil erwiesene Krokodilier-Gattung ist der *Belodon* des Keupers.

In der heutigen Lebewelt nehmen die Krokodilier eine höhere Stufe ein als die Eidechsen. Es äussert sich das namentlich in manchen Verhältnissen des Schädelbaues, in der Art der Entwicklung der Kieferzähne (thecodonten Bezahnung) im Mangel von Gaumenzähnen sowie in der vollkommeneren Ausbildung der Gliedmaassen. Die Haut trägt statt Schuppen kräftigere knochenartig erhärtete Horn-

platten, die namentlich über den Rücken hin in Längs- und Querreihen geordnet stehen.

Nach der Entwicklung der Wirbelsäule stellen sie zwei Stufen dar, von denen die ältere noch biconcave Wirbelkörper zeigt, während die jüngere — mit den tertiären und den heute noch lebenden Vertretern — vollkommener ausgebildete Wirbelkörper vorn mit Pfannen, hinten mit Kugelgelenken besitzt. Man unterscheidet darnach *Crocodilia amphicoelia* und *C. prosthocoelia*, ihr Zusammentreffen fällt auf die Kreide-Formation. Die noch mit biconcaven oder sogen. Fischwirbeln versehenen Amphicölier begreifen die Belodonten und die Teleosaurier.

Belodon ist der älteste der mit harten Hornplatten gepanzerten Krokodilier und sehr vollständig bekannt. *Belodon Kapfi* Mey. aus dem weissen oder Stubensandstein von Stuttgart war ein 7 Meter Länge erreichender Vorläufer der Krokodile von gavialartiger Gestalt mit biconcaver Wirbelbildung, thecodontem Gebiss und fünfzehigen oder vierzehigen Gliedmaassen. Schädel dem der Gaviale ähnlich, langgestreckt, aber der Intermaxillarknochen des Oberkiefers gratförmig aufgerichtet und die Nasenlöcher weit zurückgelegen. Zähne in Form und Grösse verschieden. Vorn stehen grössere kegelige Fangzähne. Gegen hinten erscheinen die Zähne etwas mehr zusammengedrückt. Ihre Kanten sind gekerbt.

Die Teleosaurier, *Teleosauria*, finden sich vom unteren Lias an. Es sind langschnauzige Amphicölier, den heute lebenden Gavialen von Süd-Asien schon sehr nahe stehend, aber noch mit der biconcaven Wirbelform, die von den Fischen und Ichthyoden ausgeht, versehen. Ihre schlanke schmale Schnauze mit sehr zahlreichen, schlank-kegelförmigen Zähnen eignete sich besonders zum Fangen der Fische wie auch Sepien u. dergl. Bepanzert waren sie über den Rücken mit dicken viereckigen knochenartigen Hautplatten. Der Rücken trug vier Reihen solcher. Sie finden sich meist in Meeresablagerungen, waren aber nach ihren wohlausgebildeten, mit Zehen ausgestatteten Gliedmaassen offenbar auch zum gelegentlichen Betreten der flachen Meeresküsten geeignet, wo sie auch wohl ihre Eier ablegten. Man kennt ziemlich viele Gattungen und Arten dieser Teleosaurier.

Bei *Mystriosaurus Chapmani* Ow. (*Teleosaurus Chapmani* Koen.) ist der Schädel in eine lange rüsselförmige Schnauze ausgestreckt, beide Kiefern aber gegen vorn löffelförmig erweitert. Die Augenhöhlen sind ziemlich klein, Dahinter liegen die etwas grösseren Schläfengruben. Die Panzerplatten bestehen aus grossen dicken glatten grubig ausgetieften Tafeln. Nach R. Owen 7 Halswirbel, 16 Rückenwirbel, 3 Lendenwirbel, 2 Heiligenbeinwirbel und noch ziemlich viele Schwanzwirbel. In beiden Kiefern zusammen etwa 178 Zähne. Ganze Länge des Thieres 18 bis 20 Fuss, etwa 6 Meter. Diese Art gehört dem oberen Lias an. Sie findet sich im Kalkstein des Posidonomyenschiefers von Altorf bei Nürnberg und zu Boll in Württemberg, sowie in dem gleichalten Alumshale oder Alaunschiefer von Whitby in Yorkshire.

Die letzten amphicölischen Krokodile erscheinen in der Kreide-Formation. Sie gleichen meistens mehr oder minder den heutigen Gavialen von Ostindien. Nach O. C. Marsh erscheint aber auch im oberen Jura der Rocky mountains eine Amphicölier-Gattung *Diplosaurus* mit der Schädelform und dem Gebiss der ächten modernen Krokodile, aber von diesen noch geschieden durch die biconcave Form der Wirbel. *Diplosaurus* ist also wohl der Stammvater der Krokodile und Alligatoren.

Die Prosthocölier (Procölier), *Crocodilia prosthocoelia*, sind die echten und geo-

logisch jüngeren Krokodilier, deren Wirbelkörper an der Vorderseite concav, an der Hinterseite convex sind. Dahin gehören alle lebenden und tertiären Arten. Die ältesten finden sich in der Kreide-Formation. Sie leben jetzt meist in grossen Flüssen. Man unterscheidet langschnauzige oder Gaviale und breitschnauzige Krokodilier, letztere die Krokodile und Alligatoren begreifend.

Die Gaviale leben jetzt nur in Süd-Asien, namentlich im Ganges. Ihre Schnauze ist langgestreckt und schmal, beide Kiefern bilden zusammen einen cylindrischen Schnabel mit sehr zahlreichen Zähnen von nahezu gleicher Grösse und Gestalt. Das grosse Gavial, *Gavialis Gangeticus*, erreicht 6 Meter Länge und darüber (angeblich bis 9 Meter). Die Zahl der Zähne beträgt in beiden Kiefern zusammen 118. Es ist im Ganges häufig, lebt aber meist nur von Fischen. Diese lebende Art erscheint nach CAUTLEY bereits fossil im obermiocänen Lager der Sivalik-Berge, Ostindien. Eine *Gavialis*-Art findet sich auch schon im Eocän von Nord-Amerika, eine andere im mittleren Eocän von Bracklesham in England.

Unter den breitschnauzigen vertritt die Gattung *Crocodilus* die echten Krokodile, ihre Zähne sind ungleich. Sie leben jetzt in Asien (Syrien), Afrika und Amerika. Ihr Hauptvertreter ist das Nil-Krokodil, *Crocodilus vulgaris*. Es hat zusammen 78 Zähne und erreicht eine Länge von 6 bis angeblich 9 Meter. Echte Krokodile erscheinen fossil im Eocän von Europa und von Nord-Amerika in mehreren Arten. In der nordamerikanischen Kreideformation finden sich schon mehrere mit ihnen verwandte Gattungen. In Europa scheinen sie gegen Ende der Miocänepoche erloschen zu sein.

Die andere Abtheilung der breitschnauzigen Prosthocölier sind die Alligatoren (oder Kaimans). Die Zähne sind bei ihnen auch von ungleicher Grösse und Gestalt. Mehrere *Alligator*-Arten wohnen in Amerika und eine in China. Sie erreichen 4—5 Meter Länge. *Alligator Hantoniensis* aus dem oberen Eocän von Hordwell in England ist schon ein wahrer Kaiman. Man kennt einen Schädel mit 42 Zähnen im Oberkiefer. In Nord-Amerika erscheinen im Eocän einige den Alligatoren ähnliche Krokodil-Arten und in obertertiären Schichten Reste von sicheren Alligator-Arten.

Die prosthocölen Krokodilier überhaupt dürften wohl um Beginn der Kreideepoche entweder in der Nordpolarregion oder wenigstens in deren Peripherie entstanden sein und sich von da in Radien gegen den Aequator ausgebreitet haben. In der Eocänepoche lebten in England und vermuthlich auch im übrigen Europa Gaviale, Krokodile und Alligatoren noch neben einander. Mit Schluss der Miocänepoche waren sie alle in diesem Gebiet schon ausgegangen und jetzt leben ihre wenigen Nachkommen zersprengt und sehr gesondert in den wärmeren und den tropischen Regionen. Einige lebende lieben Flussmündungen und machen von da aus zuweilen grössere Ausflüge ins offene Meer, um ihrem Raube nachzugehen.

Die Dinosaurier, *Dinosauria*, sind eine erst seit dem Jahre 1818 bekannt gewordene erloschene Ordnung der Reptilien, welche allem Anschein nach von den Protorosauren oder einer ähnlichen Gattung der *Lacertilia thecodontia* sich abzweigten und sich theils den Säugethieren, theils und zwar hauptsächlich den Vögeln näherten, auch wahrscheinlich letzterer Klasse ihren Ursprung gaben. Sie waren Landthiere, zum Theil auch wohl Sumpfbewohner. Manche bezeichnet die weite Markhöhle der grossen Gliedmaassenknochen als Landbewohner. Das Heiligenbein *(os sacrum)* ist auffallend kräftig und besteht gewöhnlich aus mehr als drei fest mit einander verwachsenen Wirbeln. *Megalosaurus* und *Hylaeosaurus* haben 5, *Iguanodon* sogar 5 bis 6 Heiligenbeinwirbel. Diese kräftige Ausbildung

des Heiligenbeines sowie die des Beckengürtels und der Hintergliedmaassen befähigten viele, wenn nicht alle Dinosaurier zu aufrechtem Sitzen und gelegentlichem oder anhaltendem aufrechtem Gang.

Zahlreiche, zum Theil dreizehige Fussfährten aufrecht gehender Zweifüssler bezeichnen den triasischen Sandstein des Connecticut-Thales in Nord-Amerika, mehr als 30 Thierarten angehörend. Man deutet sie als Fährten aufrecht gehender Dinosaurier, deren Gebeine in denselben Schichten keine Erhaltung fanden. Früher hielt man sie für Vogelfährten. *Compsognathus* aus dem oberen Jura war zufolge seines fast vollständig erhaltenen Skelettes ein (nach Art des Känguruhs) aufrecht sitzender und hüpfender Dinosaurier. Der Bezahnung nach waren sie theils räuberische Fleischfresser wie *Megalosaurus* und *Compsognathus*, theils gefrässige Pflanzenfresser wie *Iguanodon*. Ihre Grösse stieg von der einer Hauskatze bis zu riesigen Maassen, sie begreifen das riesigste aller Landthiere, den *Atlantosaurus* des oberen Jura, der 26 Meter (80 Fuss) Länge erreichte.

Die Dinosaurier eröffnen in der Trias mit *Zanclodon* und die oben berührten Fussfährten bezeugen, dass um diese Zeit die Zahl der Gattungen und Arten schon ansehnlich gewesen sein mag. Die letzten Dinosaurier wie *Hadrosaurus*, erlöschen mit Schluss der Kreideepoche. Die reichlichsten Reste ergaben der obere Jura der Rocky Mountains (Colorado, Wyoming u. a. O. in Nord Amerika) und die Wealden-Formation von England, besonders der Hastings-Sand von Tilgate Forest in Sussex. Die grosse Kluft zwischen Kreide und Eocän hat kein Dinosaurier überschritten.

Wir beginnen mit den fleischfressenden Dinosauriern. Ihre Reihe eröffnet *Zanclodon* (Zankle, Winzermesser), aus dem oberen Keupermergel von Stuttgart und ist nach einem (bis auf den Kopf) fast vollständig erhaltenen Skelett bekannt. Es war nach den mit vorkommenden stark zusammen gedrückten und etwas zurückgebogenen, fein gekerbten Zähnen ein Fleischfresser. Die letzten krallentragenden Zehen-Phalangen desselben wurden 10—15 Centim. lang. Die Gliedmaassen waren zum Gehen auf dem Festlande gebaut, die Füsse vorn und hinten fünfzehig. Wirbel biconcav. Das Heiligenbein soll nur aus zwei Wirbeln bestanden haben. Die ganze Länge des Thieres wird auf 9—10 Meter veranschlagt.

Megalosaurus war ein grosses fleischfressendes Raubthier, mit grossen kegeligen etwas zusammen gedrückten, an der Scheide feingekerbten und etwas zurückgebogenen Zähnen. Wirbel biconcav. Langknochen mit weiter Markröhre. Ganze Länge 6—9 Meter. *Megalosaurus Bucklandi* MANT. fand sich häufig im Kalkschiefer von Stonesfield in Oxford (great oolite). Zahnkrone bis 5 Centim. lang. Reste derselben Gattung finden sich auch in den Purbeck- und den Wealden-Schichten von Süd-England.

Hüpfende und springende fleischfressende Dinosaurier, deren lange Hinterbeine — ähnlich wie bei den Känguruhs von Australien — durch einen kräftig entwickelten Schwanz unterstützt wurden, waren die Compsognathen. Ein fast vollständiges Skelett fand sich im Kalkschiefer des oberen Jura zu Solenhofen. *Compsognathus longipes* HUXLEY war darnach ein kleineres Thier von zweifüssiger Natur, welches nur die Grösse einer Katze erreichte. Vor allem fällt die Ungleichheit in der Länge der vorderen und der hinteren Gliedmaassen desselben auf. Nur letztere scheinen zum Gang gedient zu haben, die kurzen Arme berührten wohl nur gelegentlich den Boden. Die Compsognathen präludirten also in Körperform und Gangweise den Känguruhs und Springhasen. In einer Reihe von anatomischen Charakteren stehen sie den Vögeln ziemlich nahe, besonders

in der Gestaltung des Beckengürtels und der hinteren Gliedmaassen. Bei dem allen war *Compsognathus* ein echtes Reptil. Der Schädel ist klein und erinnert zunächst an den der Pterodaktylen und wurde wie bei diesen von einem langen Halse mit sehr gestreckten Wirbeln getragen. Schädel höchstens 7,5 Centim. lang, ein echter Reptilienschädel und reichlich mit Zähnen besetzt. Zähne lang, spitz und etwas zurückgebogen, die der Kieferspitze am längsten. Halswirbel 10 oder 11, Rumpfwirbel etwa 10, Kreuzbein kräftig und aus mehreren Wirbeln bestehend, darnach etwa 16 oder 18 Schwanzwirbel. Vordere und hintere Füsse mit je 3 functionirenden Fingern.

Der älteste bekannte pflanzenfressende Dinosaurier war *Scelidosaurus* aus dem unteren Lias von Charmouth (Dorsetshire). Seine Zähne sind etwas zusammengedrückt und an den Rändern gezähnelt, in den beiden Kiefern einander ziemlich gleich. Es war ein grosser Landbewohner, die Langknochen zeigen eine weite Markhöhle. Rücken und Seiten waren mit verknöcherten Platten gepanzert.

Der grösste der Dinosaurier und aller überhaupt bekannt gewordenen Landbewohner von Vorwelt und Mitwelt war *Atlantosaurus immanis* Marsh aus dem oberen Jura (früher für Wealden gehalten) von Colorado und Wyoming (Rocky Mountains). Man schreibt ihm mehr als 26 Meter (80 Fuss) Länge zu. Es war ein Pflanzenfresser, der ohne Zweifel vom Laubwerk der Waldbäume der feuchten Küstenniederungen lebte, und wenn er an einem Baumstamme sich aufrichtete, eine Höhe von 10—12 Meter oder mehr erreicht haben mag. Nicht so gross wie vorige Art, aber nach einem fast vollständigen Skelett bekannt ist *Morosaurus grandis* Marsh aus dem gleichen Lager von Wyoming, ebenfalls ein Pflanzenfresser.

Häufig in einem Lager des ausgedehnten Aestuariums oder fluvio-marinen Gebietes, in welchem sich die Wealden-Formation des südöstlichen England ablagerte, sind die Reste des grossen plump gebauten *Iguanodon Mantelli* Mey. Sie finden sich besonders im Hastings-Sand von Tilgate Forest in Sussex. Seine starken, zu Anfang schneidigen und auch im Verlauf der Abkauung noch scharfkantig bleibenden Mahlzähne verrathen die Pflanzennahrung. Diese Zähne sind spatelförmig. Die Wurzel ist ein rundlicher Stiel, die Krone aber breit und an den Seitenrändern (vorn und hinten) gekerbt. Sie trägt (im Oberkiefer an der Aussenseite, im Unterkiefer an der Innenseite) eine starke, etwas gefaltete Schmelzlage, die auch bei der gegenseitigen Abschleifung der oberen und unteren Zähne als vortretende Schneide verbleibt. Aehnlich ist die Zahnbildung des Leguans, *Iguana*, einer noch lebenden vorwiegend pflanzenfressenden Eidechse in Süd-Amerika. Die mit Markhöhlen versehenen Gliedmaassenknochen und das starke, aus 5 oder im Alter aus 6 Wirbeln bestehende Heiligenbein, deuten auf einen Landbewohner. Fünf functionirende Finger an den vorderen und drei an den hinteren Füssen.

Schon G. Mantell erkannte den ausgesprochenen Unterschied in der Länge der vorderen und hinteren Gliedmaassen des *Iguanodon* und schloss daraus, sowie aus der Stärke des Heiligenbeins, dass das Thier im Stande war, sich während längerer oder kürzerer Zeit aufrecht auf den Füssen erhalten zu können. Seither fand man auch in demselben Lager in England grosse und breite dreizehige Eindrücke, die man als Fussfährten desselben Thieres betrachtet.

Im Jahre 1878 fanden sich zu Bernissart in Belgien mehrere ganze Skelette von *Iguanodon Mantelli*, wie auch von einer zweiten Art. Das Thier erreichte eine gesammte Länge von 9½ Meter.

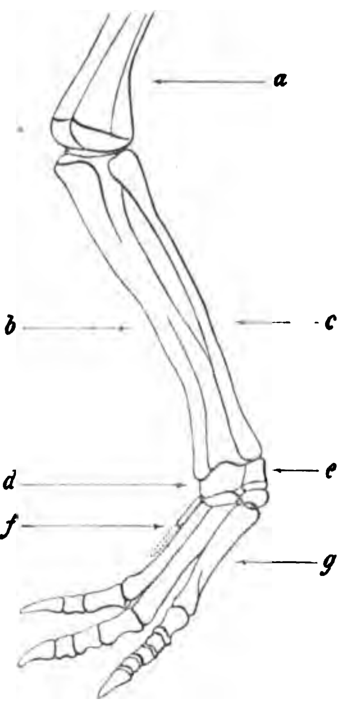
O. C. MARSH theilte die Dinosaurier nach dem Fussbau, dem Gebiss u. s. w. in mehrere Unterordnungen, die Sauropoden, Stegosaurier, Ornithopoden, Theropoden u. s. w.

Die Sauropoden (Eidechsenfüsser) *Sauropoda*, waren Pflanzenfresser. Füsse plantigrad, fünf mit Hufen versehene Zehen vorn und hinten. Vorder- und Hinterbeine nahezu gleich gross. Langknochen meist solid. Hierher gehören die Gattungen *Atlantosaurus*, *Morosaurus*, *Pelorosaurus* u. a.

Die Stegosaurier, *Stegosauria* (gepanzerten Dinosaurier), waren Pflanzenfresser mit knöcherner Hautbewaffnung. Füsse plantigrad, vorn und hinten mit fünf Zehen versehen. Vorderfüsse klein, die Ortsbewegung hauptsächlich auf den Hintergliedmaassen beruhend. Langknochen solid. Hierher gehören *Stegosaurus*, *Scelidosaurus*, *Hylaeosaurus* u. a.

Die Ornithopoden (Vogelfüsser), *Ornithopoda*, waren ebenfalls Pflanzenfresser. Füsse digitigrad, vorn mit fünf ausgebildeten, functionirenden Fingern und drei hinten. Vorderfüsse klein. Langknochen hohl Zwischenkiefer vorn zahnlos. Hierher gehören *Laosaurus*, *Nanosaurus*, *Iguanodon*, *Hadrosaurus* u.a.

Die Theropoden (Raubthierfüsser), *Theropoda*, waren Fleischfresser. Füsse digitigrad. Finger mit Greifklauen. Vorderfüsse sehr klein, Langknochen hohl. Hierher gehören *Megalosaurus*, *Dakosaurus*, *Zanclodon*, *Compsognathus* u. a. Letztere Gattung wird auch auf eine eigene Unterordnung bezogen.



(Min. 236.) Fig. 1.
Laosaurus altus MARSH, ein Ornithopode. (Americ. journ. scienc. vol. XVI. 1878. Plate IX). Linkes Hinterbein. Aus dem Ober-Jura, Wyoming (⅛ der natürl. Grösse). a) *femur*. b) *tibia*. c) *fibula*. d) *astragalus*. e) *calcaneum*. f) Erster Metatarsal-Knochen. g) Vierter Metatarsal-Knochen.

Die Pterosaurier oder Flugeidechsen, *Pterosauria*, sind eine erloschene Ordnung der echten Reptilien, die als eine besondere Abzweigung der *Lacertilia thecodontia* gelten kann. Sie haben im Allgemeinen Bau viele Analogie mit den Vögeln, sind ihnen aber keineswegs näher verwandt und erlöschen wieder ohne Abkömmlinge zu hinterlassen. Man kennt deren nur vom unteren Lias an bis zur oberen Kreide.

Ihr am meisten bezeichnender Charakter ist der zur ganzen Rumpflänge ausgestreckte, äusserste (fünfte) Finger der Vorderfüsse. Er war der Hauptträger des Flugvermögens und spannte eine Flughaut jederseits des Körpers aus. Das Knochengerüste der Pterosaurier ist nach einer Anzahl von mehr oder minder vollständig erhaltenen Skeletten, namentlich von Solenhofen in Franken, sehr genau bekannt.

Der Knochenbau ist im Allgemeinen so zart wie bei Vögeln. Die meisten Knochen sind pneumatisch, d. h. zugleich fest, leicht und hohl, durchzogen von Luftgängen und nach aussen durch eine dichte dünne Wandung abgeschlossen. So namentlich die Langknochen.

Der Kopf der Pterosaurier ist gross und gestreckt, besonders aber die Kiefern vorgezogen. Die Bezahnung ist thecodont, die Zähne sitzen in eignen

Höhlen. Die grossen Augen führten einen verknöcherten Sclerotical-Ring. Die Grösse des Kopfes ist ein Missverhältniss — und wird nur wenig ausgeglichen durch die Dicke der Halswirbel. Nützlich war aber beides, wenn sich das Thier aus der Höhe herab auf seine Beute, zumal auf Fische stürzte.

Die Wirbel der Pterosaurier sind procölisch. Die 7 Halswirbel sind sehr dick und stark um den grossen Kopf zu tragen, im übrigen denen der Vögel ähnlich. Rückenwirbel mit Rippen 15, dazu 2 Lendenwirbel und 2 sehr kleine Sacralwirbel, endlich die Schwanzwirbel in verschiedener Anzahl bis zu 40.

Der Schultergürtel ist kräftig und ähnlich wie bei den Vögeln gebaut. Das Brustbein, *sternum* ist rundlich und ziemlich gross, nach QUENSTEDT hat es vorn eine mächtige *crista* für den Ansatz von Flugmuskeln.

Alle fünf Mittelhandknochen und Finger sind frei und trefflich ausgebildet. Die vier inneren Finger sind kurz und mit starken, zugespitzten Krallen bewaffnet, der innerste ist der kürzeste. Aber übermässig lang entwickelt und dabei ziemlich dick ist der fünfte, gegen aussen gelegene Finger. Seine Länge kommt der gesammten von Hals und Rumpf des Thieres gleich oder überschreitet sie noch. Dabei sind seine 4 Phalangen sehr kräftig ausgebildet. Dieser Flugfinger, der die Flughaut ausspannte, war unbewaffnet und endet mit einer feinen Spitze.

Becken und Heiligenbein erweisen sich als verhältnissmässig schwach, auch die hinteren merklich schwächer als die vorderen Gliedmaassen.

Die Haut war, wie es scheint, nackt und glatt oder fein gerunzelt.

Die Pterosaurier waren nach dem allem unzweifelhafte, fliegende Reptilien, und der Vögel Doppelgänger. Ihre Beute fanden sie in der Luft und auf dem Festland. Sie mögen aber auch aus der Höhe auf Fische gestossen haben. Die Schwäche von Becken und Kreuz erweist, dass sie nicht wie Vögel aufrecht auf den Hintergliedmaassen einherschreiten konnten. Sie mögen auch gelegentlich auf dem Festland umhergekrochen sein, vielleicht nur unbehülflich wie unsere heutigen Fledermäuse. Ihre Grösse ging von der eines Sperlings, bis zu einer Flugspannweite von 5 und selbst 7,5 Meter.

Nach der Entwicklung des Gebisses und des Schwanzes stellt sich eine Reihenfolge unter den Pterosauriern heraus, die von reicher Ausstattung dieser Organe zu ausgesprochener Verkümmerung derselben überleitet. Dieser Vorgang hat grosse Analogie mit jenem, der sich um beiläufig dieselbe Zeit unter den Vögeln vollzieht.

Bei der Gattung *Dimorphodon* sind die ganzen Kiefern mit Zähnen bewaffnet und der Schwanz ist lang und gestreckt. *Dim. macronyx* BUCKL. stammt aus dem unteren Lias von Lyme Regis in Dorsetshire. Die Kiefern führten zweierlei Zähne, vorn grössere, dahinter eine dichte Reihe von kleineren. Die Spannweite betrug nur etwas über 1 Meter.

Die später auftretende Gattung *Pterodactylus* bewahrt noch die Zähne, aber der Schwanz ist verkürzt. Die Arten sind aus dem oberen Jura von Solenhofen und Umgegend.

Die Gattung *Rhamphorhynchus* hat den verlängerten Schwanz beibehalten, hat aber die Zähne im vorderen Theile beider Kiefern verloren. Hier war wohl eine Hornbekleidung. Arten finden sich ebenfalls zu Solenhofen.

Noch weiter ist die Umbildung vorgeschritten bei der Gattung *Pteranodon*, deren Arten in der oberen Kreide von Kansas in Nord-Amerika auftreten. Die Zähne haben sich ganz verloren. Die Kieferränder waren wahrscheinlich mit einer schneidigen Hornschneide, ähnlich wie bei Schildkröten und Vögeln, be-

kleidet. Der Schwanz ist hier ein bloser Stummel geworden. Von diesen Pteranodonten kennt man aus Kansas eine Anzahl Arten, von zum Theil ansehnlicher Grösse. Es giebt deren von einer Flügelspannweite von 10—25 Fuss, 3—7,5 Meter.

Dies ist die letzte Stufe der Pterosaurier und mit ihr erlischt die ganze Ordnung — vermuthlich bedrängt durch die steigende Mitbewerbung der in mehreren Hinsichten vortheilhafter gebauten, günstiger ausgestatteten Klasse der Vögel.

Die Anomodonten, *Anomodontia,* sind Reptilien aus dem permischen oder triasischen Sandstein von Süd-Afrika, welche im Allgemeinen, namentlich im Aufbau des Schädels, den älteren Lacertilien am nächsten sich anreihen, aber in der Gestaltung der Kiefern eine auffallende Aehnlichkeit mit Schildkröten zeigen.

Ihr Schädel ist nach dem Eidechsentypus gebaut. Die Kiefern sind entweder zahnlos oder nur mit zwei grossen Hauern versehen. Den Kieferrand beschützte vermuthlich — wie bei Schildkröten und Vögeln — eine schneidige Hornscheide. Die Wirbel waren biconcav. Das Heiligenbein besteht aus mehreren (bis 5) Wirbeln. Die Gliedmaassen waren ambulatorisch, sie scheinen fast gleich untersetzt und mit breiten, stämmigen Füssen versehen gewesen zu sein. Dahin gehören namentlich die Gattungen *Dicynodon* und *Udenodon.*

Dicynodon begreift Anomodonten mit zwei gewaltigen, zugespitzt kegeligen und schräg abwärts gewendeten Hauern oder Fangzähnen im Oberkiefer, in welchem jeder unter der Augenhöhle in einer tiefen Alveole sas. Dies ertheilt dem Schädel eine gewisse Aehnlichkeit mit dem des Walrosses *(Trichecus)*, dessen Eckzähne ähnlich herabhängen. Aber der Kieferrand war scharf und zahnlos. Im übrigen zeigt der *Dicynodon*-Schädel zwei Nasenlöcher, dahinter die grossen rundlichen Augenhöhlen und hinter diesen die gestreckten Schläfengruben. Die Schädelmitte trug einen Kamm. Man kennt von *Dicynodon* mehr als zehn Arten aus dem Reptilien-Sandstein von Süd-Afrika. Die grössten erreichten die Grösse des Nilpferds *(Hippopotamus).*

Udenodon ist eine völlig zahnlose Gattung der Anomodonten von Süd-Afrika (Rhenosterberg). Der Schädel ist ähnlich dem von *Dicynodon,* aber vollkommen zahnlos, gleichfalls mit ziemlich schneidigem Kieferrande. Augen mit einem Sclerotical-Ring versehen.

Man hat in den Anomodonten öfter schon die Stammesvorfahren der Schildkröten zu erblicken vermeint. Viel mag dabei auch nicht gefehlt sein.

Die Theriodonten, *Theriodontia,* stehen den Anomodonten, mit denen sie vorkommen, sehr nahe. Aber das Reptiliengebiss, dass bei letzeren der Verkümmerung verfiel, hat sich bei ersteren vervollkommnet. Es sind fleischfressende Reptilien, die in der Kopfform und im Gebisse eine auffallende Aehnlichkeit mit Säugethieren, namentlich einen Gegensatz von Schneide-, Eck- und Backenzähnen zeigen. Eckzähne treten in jedem Kiefer stark hervor und scheiden die *incisores* von den *molares.* Letztere haben noch eine einfache Wurzel. Die Theriodonten präludiren also im Gebiss den Säugethieren, namentlich den grossen Landcarnivoren, zum Theil auch den fleischfressenden Beutelthieren, doch nur in einzelnen Stücken, die noch nicht entscheidend ins Gewicht fallen. Es gehören dahin eine Anzahl von Gattungen und Arten, einige erreichten die Grösse des Jaguars.

Galesaurus ist ein Theriodont aus dem Sandstein von Rhenosterberg in Süd-Afrika. Der Schädel ist gestreckt und etwas niedergedrückt, beiläufig dem eines Marders ähnlich. Das Gebiss hat die Formel 4 + 1 + 12 (auf jedem Kiefernaste). In jeder Kiefernhälfte stehen 2 mal 4 *incisores.* Eckzähne stark, übergreifend,

kegelförmig, etwas zurückgebogen. Alle Zähne einwurzelig. Knöchernes Nasenloch einfach. *Gal. planiceps* Ow. war ein Thier etwa von der Grösse eines Marders.

Vielleicht sind aus Theriodonten die ersten Säugethiere und zwar zunächst Monotremen, weiterhin Didelphen hervorgegangen, so nimmt u. a. E. Haeckel an. Uebrigens zeigt der Schädel sowohl bei Anomodonten als bei Theriodonten noch den einfachen *Condylus occipitalis* der Reptilien, was sie von allen bekannten Säugethier-Formen unterscheidet.

Die Schildkröten oder Chelonier, *Chelonia*, sind gepanzerte Reptilien mit kurzem, breitem und gewölbtem Rumpf und abgeplattetem Bauch, bei welchen die Gestaltung des Knochengerüstes im Verlaufe der Anpassung an die mehr und mehr in den Vordergrund tretende Bepanzerung tiefgehende Veränderungen erlitten hat. Den Rumpf bedeckt auf der Oberseite der Rückenpanzer, während die Unterseite ein Bauchpanzer beschützt. Beide stehen entweder in beweglicher Verbindung oder sie sind wie bei den Landschildkröten unbeweglich mit einander verwachsen. Der Panzer überhaupt besteht seiner Hauptmasse nach aus theils symmetrischen, theils paarig angeordneten Platten von verschiedener Festigkeit, aber immer noch von einer besonderen Oberhaut überzogen. Meist stellen die Hautplatten feste Knochenstücke dar, welche noch von Hornschildern bedeckt sind. Seltener tragen die Hautknochen nur eine Lederhaut. Die Mediane des Rückenpanzers nehmen 12 Platten ein, zuvorderst die breite Nackenplatte oder Nuchalplatte, dahinter die 8 Neuralplatten und noch 3 Pygalplatten. Dazu kommen noch zwei Reihen Costalplatten oder Rippenplatten und dem Rande entlang je eine Reihe Randplatten. Auch am Bauchpanzer erscheint vorn zuweilen ein unpaares symmetrisches Panzerstück, welches man früher dem Brustbein, *sternum*, verglich. Dieser an den Seiten entweder bewegliche oder fest verwachsene Panzer ist vorn und hinten für den Austritt von Kopf- und Vordergliedmaassen, Schwanz und Hintergliedmaassen offen und diese Theile können auch mehr oder minder darin zurückgezogen werden, namentlich bei Landschildkröten. Dagegen verwachsen mit dem Rückenpanzer die Dornfortsätze der Rückenwirbel und die Rippenpaare zu einem festen unbeweglichen Gerüst. Auch die anderen vom Panzer gedeckten Skelett-Theile erleiden unter dessen Einfluss mehr oder minder weitgehende Umbildungen.

Der Schädel mit den Gesichtsknochen ist klein, beiläufig von eiförmiger Gestalt, hinten quer abgestutzt. Er hat Aehnlichkeit mit dem der Vögel; besteht aber noch aus einer grösseren Anzahl von besonderen Knochenstücken. Diese Knochen schliessen fest an einander und bilden ein breites Dach. Die beiden Naslöcher liegen vorn im Oberkiefer und sind klein, knöchernes Nasloch einfach. Die Augen stehen seitlich und in grossen abgeschlossenen Augenhöhlen. Oberkiefer und Unterkiefer ähneln mehr oder minder einem kurzen und hohen Vogelschnabel. Ihr Rand ist zugeschärft, zahnlos und meist mit einer festen Hornscheide, ähnlich der der Vögel, versehen. Der scharfe schneidige Rand ersetzt den Mangel der Zähne.

Der Hals ist meist ziemlich lang und dünn, er enthält meist 9 Wirbel (von sehr verschiedener Gestalt). Der Schwanz ist meist kurz, seltener etwas gestreckt. Von der Wirbelsäule sind nur die Hals- und Schwanzwirbel beweglich, die übrigen nebst den Rippen mit dem Rückenpanzer verwachsen.

Die Gliedmaassen sind ziemlich kurz und dick, die Füsse kurz, meist mit 5 oder 4 Zehen versehen. Die Zehen sind bei den Sumpfschildkröten frei beweglich und durch Schwimmhäute verbunden, bei den Landschildkröten bis zum

Nagelgliede unbeweglich zusammen geheftet, endlich bei den Meerschildkröten flossenförmig verwachsen, ohne oder mit nur 1 oder 2 Krallen.

Man kennt beiläufig 200 lebende Arten von Schildkröten. Sie wohnen theils im Süsswasser, theils auf feuchten Flächen des Festlandes, theils im Meer. Sie sind theils Pflanzenfresser theils Fleischfresser. Am reichlichsten verbreitet sind sie in den wärmeren Gegenden, doch finden sich einige Arten noch in Europa, namentlich eine kleine Sumpfschildkröte, *Emys europaea*, die sich in Waldsümpfen von Italien, Ungarn, Polen und Pommern aufhält. Diese war in Deutschland früher viel häufiger und findet sich auch hin und wieder in Torfmooren erhalten.

Die ältesten Fossilreste von Cheloniern gehören dem Lias und Jura an. Es sind schon typisch ausgebildete Chelonier. Ihre Abstammung ist noch einigermaassen räthselhaft. Sie mögen eine weit zurückreichende Abzweigung vom gemeinsamen Stamme der Eidechsen und Krokodile sein. Ihre kurze gedrungene Schädelbildung mit den einem Vogelschnabel ähnlichen zahnlosen, aber zugeschärften Kiefern erinnert sehr an die Anomodonten und sie können auch als nahe Seitenverwandte derselben angesehen werden.

Im oberen Jura finden sich schon Sumpf- und Flussschildkröten zusammen mit Meerschildkröten vertreten. Landschildkröten treten erst mit der Tertiärepoche hervor, man kann sie als die am höchsten gesteigerte Chelonierordnung betrachten.

Hervorzuheben ist *Atlantochelys*, ein meerischer Chelonier von mächtiger Grösse aus der oberen Kreideformation des Westgebietes von Nord-Amerika.

Colossochelys Atlas FALC. aus der Tertiärformation (dem oberen Miocän) der Sivalik-Hügel am Fuss des Himalaya ist eine Landschildkröte, deren Panzer eine Länge von 12 Fuss, 4 Meter, und eine Höhe von 6 Fuss erreichte. Das ganze Thier wird zu 18 Fuss Länge, 5,8 Meter veranschlagt.

Wir betrachten als eine eigene Unterklasse der Reptilien die Halisaurier oder flossenfüssigen Meeressaurier, *Halisauria*, *Enaliosauria*. Für ihre Fussbildung ist noch das *Archipterygium*[1]) oder die gefiederte Flosse der Haie (Selachier) und der Ceratoden (Dipneusten) maassgebend. (Vergl. I., pag. 413 und 429.) Es ist noch eine vielzehige Ruderflosse. Sie ist zum Betreten des Festlandes nicht wohl geeignet. Die Fünfzahl tritt hier nicht typisch hervor. Freie Zehen und Krallen fehlen noch. Hierher gehören ausser dem problematischen *Eosaurus* die Simosauren, die Plesiosauren und die Ichthyosauren, vielleicht auch die Placoden. Sie sind alle erloschen, die letzten verschwinden mit der oberen Kreide, ohne Abkömmlinge zu hinterlassen.

Eosaurus canadensis MARSH gehört der Steinkohlenformation von Neu-Schottland (Nova Scotia) an und gründet sich auf den Fund von ein paar vollständig verknöcherten scheibenförmigen und biconcaven Wirbeln, die denen der späteren Ichthyosauren sehr nahe kommen. Sie deuten auf ein schon während der Steinkohlenepoche in Flussmündungen (Aestuarien) einherschwimmendes, luftathmendes Flossenreptil, das etwa 3,5—4,5 Meter Länge erreicht haben mag. Es bedarf aber noch der Bestätigung durch weitere Funde, bevor man *Eosaurus* als Stammvater der Ichthyosauren bezeichnen kann.

Erst im Triassystem erscheinen die frühesten sicheren Fossilreste von Halisauriern und hier gleich in zwei Ordnungen, Ichthyosauriern und Simosauriern.

---

[1]) E. HAECKEL, Anthropogenie. 1874, pag. 588. — Natürliche Schöpfungsgeschichte. Edit. VII. 1879, pag. 545.

Die Ichthyosaurier, *Ichthyosauria*, sind gleich wie die Simosauren und Plesiosauren ausschliessliche Meeresbewohner gewesen, die aber wie die Wale des heutigen Meeres Luft athmeten. Sie mögen wohl nie das Festland betreten haben und gebaren wahrscheinlich auch lebendige Jungen.

Bezeichnend für sie ist die Kürze des Halses und die Länge des Kopfes. Sie hatten beiläufig die schlanke gedrungene Gestalt der heutigen Delphine, denen sie überhaupt in mehreren Stücken präludiren, unter anderem in der Bezahnung und der Lebensweise. Ihre Haut war allem Anschein nach auch nackt. Wenigstens haben selbst die am besten erhaltenen Funde keine Spur von Knochenplatten oder Schuppen geliefert.

Die Hauptgattung ist *Ichthyosaurus*. Der Kopf ist bei ihr gestreckt und zugespitzt, von ungewöhnlicher Grösse. Die schnabelförmig verlängerte und etwas niedergedrückte Schnauze besteht im Oberkiefer fast grösstentheils aus den Zwischenkieferbeinen und die Nasenlöcher lagen dicht vor den Augenhöhlen. Die Zähne sind kegelförmig und gestreift. Ihre Zahnsubstanz (Dentine) zeigt entsprechende Faltungen, in welche die äussere Schmelzlage sich hineinzieht. Sie sitzen dicht bei einander (aber nicht in eigenen Zahnhöhlen) sondern zugleich in einer gemeinsamen langen und tiefen Rinne des Kieferknochens. Es sind oben und unten zusammen etwa 160—200. Der Hals ist sehr kurz und besteht aus wenig Wirbeln. Der Leib ist lang und dick. Auf Hals und Rumpf zusammen kommen etwa 45 oder 50 Wirbel. Die Flossenfüsse sind kurz und platt. Fusswurzel und Zehen erscheinen in denselben noch durch ein vielzähliges Tafelwerk von rundlichpolygonalen Knochen vertreten. Deren sind bisweilen über 60. Der Schwanz ist etwa von der Länge des Rumpfes. Er scheint eine senkrechte Hauptflosse getragen zu haben. Wirbel kurz, scheibenförmig, flach-biconcav, zusammen über 150. Keine besonderen Sacral-Wirbel. Die Augenhöhlen waren auffallend gross und fast kreisrund, nebst den Nasenlöchern weit nach hinten gelegen. Die harte Hornhaut des Auges war durch einen aus mehreren radialen (12 bis 17) Knochentäfelchen zusammengesetzten Sklerotical-Ring gestützt, wie er in ähnlicher Weise auch bei Archegosauren, Eidechsen u. s. w. vorkommt.

Man kennt auch die spiral gewundenen Excremente oder Koprolithen, sie finden sich häufig in denselben Schichten und enthalten Fischschuppen, Sepia, Knochenbruchstücke u. dergl. als Reste der Nahrung. Die spirale Form derselben rührt von einer spiralen an der Innenseite des Darms verlaufenden Falte her, wie eine solche auch noch bei Haien u. s. w. vorkommt.

Man findet zuweilen Reste kleinerer und offenbar noch junger Ichthyosauren im Skelette von grossen Individuen zwischen den Rippen eingeschlossen. Dies deutet darauf hin, dass wahrscheinlich *Ichthyosaurus* ein lebendig gebärendes Reptil war, namentlich wenn man noch in Betracht zieht, wie die Ruderflossen wenig oder gar nicht geeignet waren, dem Thiere das Betreten des Festlandes zu ermöglichen, um dort Eier an sicherem Ort zu legen. Nach einer anderen Meinung verschlangen die Ichthyosauren die Jungen ihrer eigenen Gattung, so dass sich deren Reste zuweilen noch unverdaut zwischen den Rippen an der Stelle des Magens vorfinden. Jedenfalls trifft man hin und wieder an dieser Stelle lose Knochen kleinerer Individuen gleicher Gattung. Dessgleichen zahlreiche Schuppen von Fischen, die das Thier offenbar verspeist hatte. Man darf annehmen, dass Fische neben Cephalopoden die Hauptnahrung dieser gefrässigen Ungethüme waren. Wenn sie auch Junge ihrer eigenen Gattung anfielen, mögen sie dieselben wohl zerbissen und zerkleinert haben.

Die Ichthyosauren erreichten eine Länge von 6 bis 10 Meter und darüber. Sie beginnen spärlich in der Trias, so hat sich namentlich ein ganzes Skelett im unteren Hallstätter Kalk (Keuper) von Reifling (Steiermark) gefunden. Sie erscheinen stellenweise im Lias häufig. Sie liefern stattliche Skelette im unteren Lias von England, sowie im mittleren Lias von Franken und Schwaben. Höher aufwärts werden sie wieder spärlicher. Der letzte *Ichthyosaurus* soll in der Kreide-Epoche erloschen sein. Hauptfundorte sind der untere Lias von Lyme Regis in Dorsetshire und der obere Lias von Banz in Franken und Boll in Schwaben.

Während alle Ichthyosauren der europäischen Formationen mit einem kräftigen Gebiss, dessen kegelförmige in der Alveolar-Rinne sitzende Zähne mit denen der Krokodile wetteifern, versehen sind, ist *Sauranodon natans* Marsh aus dem oberen Jura der Rocky Mountains (Nord-Amerika) das einzige Beispiel eines zahnlosen Ichthyosauriers. Das ganze Thier erreichte etwa 5 Meter Länge. Es war ebenfalls ein Meeresbewohner.

Die Ordnung der Simosaurier oder Nothosaurier begreift Halisaurier mit ziemlich gestrecktem und etwas plattem Schädel, an dem sich die Oberkieferbeine aber fast bis zur Spitze erstrecken. Die Zähne sind kegelförmig, etwas gebogen und gestreift. Sie stehen ziemlich weit von einander entfernt und in eigenen Alveolen. Meist zeichnen sich die vorderen des Oberkiefers durch grössere Länge aus und stellen Fangzähne dar. Die übrigen Zähne sind zahlreich und klein. Auf der Oberfläche des Schädels liegen die Augenhöhlen, unmittelbar davor die Nasenlöcher und nahe dahinter die länglichen Schläfengruben. Hierher gehören die Gattungen *Simosaurus*, *Nothosaurus* u. A. deren Arten sich in der Trias und namentlich im Muschelkalk erhalten finden.

Der schlanke und flache über zwei Fuss, 65 Centim. lange Schädel von *Nothosaurus mirabilis* Münst. zeigt etwas vor der Mitte die zwei länglichen Augenhöhlen und nahe davor die zwei etwas kleineren Nasenlöcher. Fast die ganze hintere Schädelhälfte nehmen die beiden langgestreckten ungewöhnlich grossen Schläfengruben ein. Zwischen ihnen auf dem schmalen Scheitelbein liegt ein kleines Scheitelloch. Das Zwischenkieferbein trägt neun grosse zugespitzte gestreifte Zähne, deren unpaarer ganz vorn in der Mitte steht. Der Hals war langgestreckt und bestand aus mindestens 20 Wirbeln. Die Ruderflossen sind schlank und sollen vier Finger enthalten haben. Das ganze Thier mag 3 Meter lang geworden sein. Von *Nothos. mirabilis* finden sich zerstreute Skelett-Theile besonders häufig im Muschelkalk der Gegend von Baireuth (Laineck).

Als eine durch Anpassung an veränderte Lebensbedingungen sehr abweichende Form der Halisaurier — zunächst der Simosaurier — betrachtet man die Placoden. Agassiz stellte die Gattung *Placodus* noch zu den Pycnodonten (Ganoiden). Man kennt den Schädel mit dem sehr auffallenden Gebisse, das übrige Skelett ist bis jetzt noch unbekannt.

Oberkiefer und Gaumen tragen ein Pflaster von breiten gewölbten und glatten Mahlzähnen, ähnlich denen der Pycnodonten. Dazu kommen im vorderen Kiefertheile sechs stumpfkegelige Schneidezähne mit etwas gekrümmter Krone. Jeder Zahn sitzt in einer eigenen Alveole. Diese Bezahnung deutet auf ein Thier, das von kalkschaligen Mollusken, Crustaceen und harten Tangen lebte. Auch lebt in Australien heute noch eine Eidechse *Cyclodus* mit ähnlichen Pflasterzähnen. Der Bau des Schädels erweist einen Saurier, der vermuthlich den Simosauriern am nächsten stand, aber von anderer Nahrung lebte. Der Schädel ist breit und flach und zeigt in der hinteren Hälfte zwei auffallend weite Schläfenöffnungen

und dazwischen ein kleines rundes Scheitelloch. In der vorderen Hälfte trifft man die Augenhöhlen. Der *Condylus* des Hinterhauptes ist einfach. Vereinzelte Pflasterzähne, auch wohl Schädelbruchstücke von *Placodus*-Arten sind nicht selten im Muschelkalk, besonders zu Baireuth.

Die Ordnung der Plesiosaurier, *Plesiosauria*, begreift flossenfüssige Saurier mit einem meistens langen, schlangenartig ausgestreckten Hals und einem kurzen etwas abgestutzten Kopf, an dem der Zwischenkiefer stark entwickelt ist. Der Rumpf ist kurz und dick, der Schwanz kurz und stielförmig. Der Hals ist ungewöhnlich lang und war sehr beweglich. Halswirbel 20—40. Die Kiefern sind mit langen, schlanken, gestreiften, kegeligen Zähnen besetzt. Sie sind von ungleicher Länge, einige stellen vorstehende Fangzähne dar, besonders in dem vorn etwas verbreiterten Unterkiefer. Sie sind fein gestreift. Jeder sitzt in einer eigenen Alveole. Die Ruderflossen sind schlankgestreckt und fünffingerig. Die Plesiosaurier schliessen sich zunächst den der Trias angehörigen Simosauriern an, unterscheiden sich aber von ihnen durch kleinere Schläfengruben, grössere Zwischenkiefer u. s. w.

Die Hauptgattung ist *Plesiosaurus* mit langhalsigen und kurzköpfigen Arten.

Die Plesiosauren stellen sich im unteren Lias von England (bes. zu *Lyme Regis)* ein und erscheinen hier in vollständigen Skeletten erhalten. Das erste fand man um d. J. 1822. Sie erreichen 3 Meter Länge und darüber, angeblich bis 9 Meter. Sie erloschen in der oberen Kreide.

Ein eigenthümlicher Ausläufer der Plesiosauren-Gruppe ist *Pliosaurus* aus dem oberen Jura (Kimmeridge-Stufe) von England. Es ist ein kurzhalsiger Plesiosaurier von der gedrungenen Halsbildung der Ichthyosauren — aber in allen andern anatomischen Charakteren mit den Plesiosauren zunächst verwandt — also ein Plesiosaure, der die äussere Gestalt der Ichthyosauren angenommen hat. Die Halswirbel sind etwa 12 und sehr flach gedrückt. Die Zähne sind verhältnissmässig dicker als bei den Plesiosauren. *Pliosaurus* soll 13 Meter Länge erreicht haben.

Rhizopoden

von

Dr. Friedr. Rolle.

Es ist leicht, von einer gewissen Stufe der Lebewesen an und dann bei allen höher entwickelten Pflanzen- und Thierformen die Grenze von Pflanzenreich und Thierreich zu erkennen und durchzuführen. Körpergestalt und besondere Organisation, chemische Zusammensetzung einzelner Bestandtheile, Besitz oder Mangel des Vermögens willkührlicher Bewegung entscheiden alsdann mit immer wachsender Bestimmtheit.

Aber je mehr wir zu den nieder organisirten, dürftig ausgestatteten Anfangsformen beider Reiche, den Protisten oder Protozoen absteigen, um so mehr verschwinden die entscheidenden Merkmale und es wird namentlich auch die Unterscheidung willkührlicher Bewegungen von unwillkührlichen (aus diosmotischen Vorgängen u. dergl. erfolgenden) immer misslicher. Schliesslich gelangt man im Absteigen zu den niedersten Anfangs-Formen der Lebewelt, einer vielgestaltigen Menge von meist mikroskopisch kleinen Lebewesen, die weder charakterisirte Pflanzen noch Thiere sind und über deren Stellung im zoologisch-botanischen System seit Jahren die Meinungen der Forscher getheilt waren oder

noch getheilt sind. Manche schliessen sich mehr den Pflanzen, andere mehr den Thieren an und es fehlt auch nicht an hin- und herschwankenden Formen, die im individuellen Entwicklungsgang zeitweise mehr dem Pflanzenreich und zeitweise mehr dem Thierreich sich zuneigen und daher in ihren verschiedenen Alterszuständen bald mehr einer Pflanze, bald mehr einem Thier ähneln.

Bei den heute noch lebend vertretenen niedersten Anfangsformen der Pflanzen- und Thierwelt ist der Träger des Lebens noch nicht die ausgebildete mit einem besonderen Kern versehene und mit eigener Membran umschlossene Zelle. Der Lebensstoff — die Sarkode oder das Protoplasma (Plasma) — eire vorzugsweise aus Eiweiss und Wasser bestehende Substanz, steht noch für sich allein da und bildet eine belebte oft bewegliche, aber einer deutlich specificirten Struktur noch ermangelnde Schleim-Masse oder ein Klümpchen, noch ohne eigens ausgeschiedenen Kern, gewöhnlich auch noch ohne umhüllende deutlich erkennbare Membran. Dahin gehören namentlich die von E. Häckel unterschiedenen Moneren, die am augenfälligsten zwischen Pflanze und Thier mitten inne stehen. Bei etwas höher entwickelten Lebensformen kann man Zell-Membran, Zellflüssigkeit *(Protoplasma)*, und Zellkern *(Nucleus)* mit Kernkörperchen *(Nucleolus)* unterscheiden. Dies sind dann einzellige Pflanzen und einzellige Thiere *(Unicellulares)*.

Aber auch hier erscheinen die Grenzen mannigfach verwischt oder auch wohl die bisherigen Hülfsmittel der Beobachtung noch ungenügend für Erfassung der feineren Abstufungen. Wo der eine Mikroskopiker nur eine gleichförmige Sarkode angiebt, glaubt ein anderer oft auch eine umhüllende Membran nachweisen zu können und ein dritter findet in gleichartiger Sarkode einen oder mehrere Kerne. So hat man den belebten Körper der Rhizopoden im engeren Sinne (Thalamophoren) lange als ein einfaches strukturloses Schleim-Klümpchen beschrieben. Neuerdings werden darin auch ein oder mehrere Kerne angegeben. Andere schreiben demselben auch eine erkennbare Membran zu. In anderen Fällen bleibt die Frage noch offen, ob man eine Lebensform noch als einzellig oder schon als eine mehrzellige Anhäufung erachten soll. So werden die Radiolarien gewöhnlich als mehrzellige Organismen gedeutet, aber manche Mikroskopiker betrachten sie als einzellige.

Manche Organismen durchlaufen auch wohl hier wieder mehrere Stadien der Entwicklung nach einander. So kommt namentlich bei pflanzlichen und thierischen Anfangsformen häufig eine mit einem unbeweglichen Ruhezustand verknüpfte Einkapselung oder Incystirung vor, während welcher sie sich zu einer weiteren Formveränderung vorbereiten, namentlich zur Fortpflanzung. So bei gewissen Moneren und bei Amoeben.

Natürliche Verwischung der Grenzen und mehr oder minder ungenügende Schärfe der Hülfsmittel der Beobachtung und Untersuchung haben daher zusammen darauf hingewirkt, dass die Diagnosen der verschiedenen protozoischen Klassen und Ordnungen noch mehr oder minder im Argen liegen, selbst wo die Ab-theilungen an sich schon naturgemäss abgegrenzt sein dürften.

Aus der einfachen Zelle gehen dann bei den höheren Pflanzen- und Th[ier]formen durch Theilung und nachmalige Anpassung der Tochterzellen an Leb[ens]bedingungen und Lebensverrichtungen mannigfach verschiedentliche Zellengru[ppen] oder Complexe hervor. Ihre einzelnen Zellen oder die besonderen Abtheil[ungen] dieser Gruppen gestalten sich dann — unter allerlei Formen örtlicher S[elb]ständigkeit oder wachsender Unterordnung — in Form, Grösse und beson[deren]

Zusammensetzung zu den verschiedenen Körpertheilen und Organen der höher abgegliederten und höher organisirten Pflanzen und Thiere um. Indem sie — als Einzelzelle oder als besonderer einem gemeinsamen Zug folgender Zellhaufen — nunmehr einen besonderen, einer gewissen Verrichtung obliegenden Körpertheil, bezw. ein Organ, darstellen, büssen sie stufenweise und mehr oder minder ihre Selbständigkeit und Individualität ein, verändern sich unter den nunmehrigen Antrieben, infiltriren z. B. besondere chemische Substanzen (Kieselsäure, Kalkphosphat u. dergl.) in ihre Wandungen und sind dann häufig nur noch schwer auf den ersten Ursprung zurückzuführen.

Auch hierbei sind Uebergänge und unausgeprägte Mittelformen häufig und sträuben sich gegen die Schärfe, die der Systematiker in Anwendung zu bringen geneigt ist. So stossen wir z. B. schon bei den vielkammerigen Rhizopoden (oder Polythalamien) auf den Zweifel, ob der belebte Körper derselben als ein vielfach abgegliedertes Einzel-Individuum oder als eine in Lebensverband verbleibende Kette von mehreren Individuen, die zusammen einen Stock oder eine Colonie darstellen, zu erachten sei.

Den ersten Anfang des organischen Lebens auf Erden bildeten wahrscheinlich niedere, gering differenzirte, dürftig begabte Lebewesen vom Charakter jener in mehr oder minder grosser Formenmannigfaltigkeit noch lebend vertretenen Klassen und Ordnungen, die nach ihrer äusseren Form, ihrem inneren Bau und ihren gesammten Lebenserscheinungen, theils zwischen Pflanze und Thier mitten inne stehen, theils schon auf die eine oder die andere Seite mehr neigen, aber immer noch eine solche Mischung pflanzlicher und thierischer Eigenschaften zeigen, dass während Jahrzehnten die Ansichten über ihre Stellung zum Pflanzenreich oder zum Thierreich im Schwanken waren oder auch selbst jetzt noch getheilt sind.

Es gehören hierher in erster Linie die Moneren, die am augenfälligsten die Mitte zwischen Pflanzen- und Thier-Charakter inne halten. An sie schliessen sich die niedersten Formen der Algen und der Pilze an. Von ihnen wurden namentlich die kieselschaligen Diatomeen längere Zeit — als sogen. »Kiesel-Infusorien« zum Thierreich gezählt, werden aber jetzt fast einstimmig zu den einzelligen Algen (vergl. II, pag. 221) gestellt. Zur thierischen Seite dagegen neigen von den Moneren ausgehend die Amöben, die Rhizopoden, die Heliozoen, die Radiolarien (vergl. pag. 135) und die Spongien oder Schwämme.

Ein grosser Theil dieser niederen, mehr oder minder zwischen Pflanze und Thier schwankenden Lebewesen besitzen eine so weiche und vergängliche Körperbeschaffenheit, dass sie in Bodenabsätzen keine fossilen Reste zu hinterlassen vermögen und daher im Archiv der Gebirgsschichten vollständig fehlen.

Fossiler Erhaltung fähig sind die verkieselte Membran der Diatomeen, das Kieselgehäuse oder Kiesel-Skelett der Radiolarien, die Kalkschale der Rhizopoden, das kieselige oder kalkige Skelett der Spongien. Aber auch diese erhaltungs-ähigen Theile finden sich besonders nur in gewissen Lagern der jüngeren ›rmationen, die noch keine höheren Grade chemischer Umsetzung erlitten ›en. In den älteren Gesteinen sind sie meist schon wieder aufgelöst, zumal n sie, wie gewöhnlich der Fall ist, nur mikroskopisch kleine Objekte dar-en. Kieselige Schalen und Skelett-Partikeln verlieren sich mit der Zeit in alkalisch reagirenden Gebirgsfeuchtigkeit, kalkige Theile dagegen in ähn-Weise bei saurer Reaction, z. B. bei anhaltendem Einwirken von einem nsäurereichen Wasser. Die Anfangsformen des organischen Lebens finden

sich daher gerade in den ältesten Formationen, wo man sie im grössten Reichthum vertreten wähnen könnte, am seltensten oder fehlen darin überhaupt ganz. Am reichsten ist gewöhnlich die Ausbeute an solchen mikroskopischen Fossilien in tertiären und quartären Schichten, die erst geringe Grade der chemischen Umänderung erlitten haben.

Wir beginnen mit der von E. HÄCKEL aufgestellten Klasse der Moneren, *Monera* (griechisch *moneros*, einfach), den einfachsten aller Lebewesen der heutigen Zeit. Sie bestehen aus anscheinend einfacher und ganz strukturloser Sarkode oder Protoplasma-Substanz (Eiweiss) von gallertartigem Aussehn, ohne Zellkern und gewöhnlich auch ohne besondere Zellmembran. Die meisten Moneren sind winzige Schleimklümpchen, gewöhnlich noch nicht ein Millimeter gross, die im ruhenden Zustand eine kugelige Gestalt zeigen, aber in bewegtem Zustand vielgestaltig erscheinen. Bei Bewegungen treten fadenförmige oder fingerförmige Fortsätze aus ihrem Umfang hervor, verfliessen aber nachmals wieder mit der schleimigen Körpermasse. Dies sind die Scheinfüsse oder Pseudopodien, wie sie auch nachfolgend bei den Amöben, den Rhizopoden und Radiolarien wieder vorkommen. Sie bestehen wie der übrige Körper aus einfacher Sarkode. Nahrung kann von jeder beliebigen Stelle der Oberfläche aufgenommen und dann wieder ausgestossen werden. Man kennt aus dem Meere und aus dem Süsswasser eine Anzahl verschiedener Formen von Moneren und alle sind Wasserbewohner, dabei, wie es scheint, weit verbreitet. Die meisten sind kleine nackte Schleimkügelchen ohne schützende Membran. Andere — wie *Protomyxa aurantiaca* HÄCKEL, eine im Meer an den canarischen Inseln lebende Art — treten in zeitweisen Ruhezustand und scheiden alsdann an der Oberfläche eine gleichartige Hülle oder Cyste ab, worauf in der so umschlossenen Sarkode-Masse eine Theilung in einige oder viele Sarkode-Kügelchen eintritt, die dann zu neuen Indifester Theile wachsen. Alle bisher bekannt gewordenen Moneren ermangeln viduen heran und sind daher auch von ihnen keine fossilen Reste möglich.

Wir schalten hier das *Bathybius*-Problem ein. Bei der Untersuchung der Tiefen des Atlantischen Oceans fand man auf dem Meeresgrund in 2000 bis 2400 Faden (3657—4390 Meter) Tiefe weit ausgedehnte Anhäufungen von gallertartigem und durchsichtigem, belebtem und beweglichem Protoplasma in verflossenen Massen und Klumpen, mehr oder minder gemengt mit kalkigen, mikroskopisch kleinen Kokkolithen (vergl. II, pag. 199), Kalkschalen von Rhizopoden, Kieselskeletten von Radiolarien und anderen, aus dem Meereswasser zu Boden gesunkenen festen Körpern. TH. HUXLEY beschrieb diese ausgedehnten Gallertmassen 1868 unter dem Namen *Bathybius* (Tiefenbewohner). Man nahm an ihr Bewegungs-Erscheinungen wahr. E. HÄCKEL erkannte in ihr eine eigene Moneren-Form. Die zahlreich eingestreuten sehr kleinen Kokkolithen galten damals für wesentliche Ausscheidungen dieser belebten Tiefsee-Gallerte.

Jetzt ist man der Ueberzeugung, dass die Kokkolithen so wenig wie die übrigen niedergesunkenen, schweren Theile dem *Bathybius* wirklich angehören, wiewohl ihr anderweiter wahrer Ursprung immer noch problematisch bleibt. Aber auch die belebte Natur der *Bathybius*-Gallerte selbst wird ziemlich allgemein in Frage gestellt. Namentlich ist es der englischen Challenger-Expedition (1872 bis 1876) niemals gelungen, unzweifelhaft belebte *Bathybius*-Sarkode aus dem Meeresgrund emporzufördern. Besonders erklärte sich WYVILLE THOMSON gegen die bisherige Ansicht. Was man für belebte Sarkode nahm, soll nur ein zufälliges Gemenge abgestorbener organischer, eiweisshaltiger Materien sein, welches

sich ununterbrochen aus dem vielbelebten Meereswasser zu Boden senke. Aber auch diese Annahme steht auf schwachen Füssen. E. HÄCKEL hält noch das Dasein des *Bathybius* aufrecht. Uebrigens hat, seit die Ansicht, dass die den Hauptbestandtheil des weissen Tiefseeschlammes bildenden Kokkolithen anderen Ursprunges sind, sich allgemein geltend macht, das *Bathybius*-Problem bedeutend von seinem Interesse für Geologie und Paläontologie eingebüsst.

Amoeben, Rhizopoden, Heliozoen und Radiolarien begreift man als Rhizopoden im weiteren Sinne des Wortes zusammen. Sie entsenden Schleimfäden wie die Moneren, sind aber höher organisirt, lassen einen oder mehrere Zellkerne wahrnehmen und enthalten nach der gewöhnlichen Deutung auch bereits eine Reihe von mehrzelligen Formen.

Die Amoeben, *Amoeboidea* (vom griech. *amoibe*, Wechsel), sind schleimige Klümpchen mit einem Zellkern. Sie sind eine Zeitlang nackt und senden breite lappige Scheinfüsschen aus, die sich unter einander nicht vernetzen. Herangereift treten sie in Ruhezustand, umgeben dann den belebten weichen Sarkode-Körper mit einer eigenen Membran oder Cyste, und stellen in dieser Stufe eine unbewegliche, kuglige Zelle dar. Die meisten Amoeben leben im Süsswasser, doch trifft man deren auch an feuchten Stellen des Festlandes, z. B. an feuchten Mooswurzeln umherkriechend. *Amoeba* begreift nackte Formen. Bei *Arcella* trägt der Körper eine feste, schildförmige Schale mit centraler Oeffnung. *Difflugia* hat eine länglichovale Schale mit einer endständigen Oeffnung. Dieselbe besteht aus zusammengeklebten, fremden Körperchen, z. B. feinen Sandkörnchen. Von keiner Form der Amoeben sind fossile Reste bekannt.

Wir erörtern nun die viel umfangreichere, geologisch und paläontologisch wichtige Klasse der Rhizopoden im engeren Sinne oder Wurzelfüsser, *Rhizopoda* (Thalamophoren oder Kammerträger, *Thalamophora*, auch Polythalamien und Foraminiferen genannt).

Den Amoeben schliessen sich die Rhizopoden nahe an, aber ihre Scheinfüsschen oder Pseudopodien sind fadenförmig, formwechselnd und untereinander verfliessend. Ihr belebter Körper ist eine weiche schleimige Sarkode, wie es scheint, ohne Membran, aber mit bald einem, bald mehreren Kernen. Sie entsendet zahlreiche sehr feine, in stetem Formenwechsel befindliche Schleimfäden, bewegt sich mittelst derselben und nimmt vermittelst ihrer auch Nahrung in sich auf.

Sie sind theils nackt, theils mit einer äusseren Schale versehen und die letztere ist entweder hornartig (chitinös) oder kalkig, auch wohl sandig verklebt. Bei weitem die Mehrzahl haben kalkige Gehäuse und gewöhnlich sind diese dann mit vielen feinen Poren für den Durchtritt der Scheinfüsschen versehen. Mit diesen Kalkschalen stellen sich auch zusammenlebende Gesellschaften ein, bei denen es zweifelhaft wird, ob der belebte und zusammenhängende Sarkode-Körper als ein einziges durch Einschnürungen abgetheiltes Individuum oder als ein gemeinsam lebender Stock von vielen Individuen anzusehen sei.

Die Rhizopoden sind meist mikroskopisch klein, seltener erreichen sie die Grösse von ein oder einigen Millimetern (die Nummuliten der älteren Tertiärschichten von ein paar Centimetern). Aber ihre Individuenmenge geht stellenweise, besonders in den Tiefen des Oceans, aber auch wohl schon an Meeresküsten ins Ungeheure. So bilden sie denn auch in älteren und jüngeren Formationen mächtige Kalklager, häufig in Gesellschaft von Kokkolithen. Und häufig sind dann ihre Kalkschalen wieder in Formen des Mineralreichs zurückgegangen und unkennt-

lich geworden. Nur wenige leben im Süsswasser und diese sind entweder ganz nackt oder mit einer chitinösen Schale versehen, die wenig oder gar nicht zu fossiler Erhaltung sich eignet. Süsswasserablagerungen sind daher immer frei von Rhizopoden-Resten. Um so bezeichnender sind die Reste kalkschaliger Formen in den verschiedenen Meeresformationen und in den heutigen Absätzen des Oceans, sowohl im Sand der Strandzone als im finsteren Abyssus, aus dem wir nur durch die Sonde des Seefahrers Kunde erhalten.

Mächtige, ganz oder vorherrschend aus kalkigen Rhizopoden-Schalen aufgebaute Kalklager älterer Formation sind die Fusulinen-Schichten der Steinkohlen-Epoche (oberste Region des Kohlenkalkes in Russland). Aus silurischen und devonischen Schichten kennt man wohl vereinzelte Rhizopoden-Gehäuse, aber noch keine von solchen ganz zusammengehäufte Kalklager — wahrscheinlich weil in der Regel dieselben hier durch Umlagerung der Molecule dem Mineralreiche wieder anheim gefallen sind. Rhizopoden mögen auch bei der Aufhäufung der zahlreichen Lager von körnigem Kalk oder weissem Marmor des krystallinischen Schiefergebirges betheiligt gewesen sein. Als Zeugniss dafür führt man als eine riesige unregelmässig-vielkammerige Foraminifere, das Eozoon aus den unteren laurentischen Schichten der Ottawa-Gegend in Canada auf. Allein die organische Abkunft dieser vielkammerigen Gebilde der alten Marmorlager wird von vielen und z. Th. gewichtigen Stimmen in Abrede gestellt. (Vergl. Archäisches System pag. 49).

Von den zahlreichen meerischen Kalklagern der Secundär-Periode sind jedenfalls ein grosser Theil, namentlich die mächtigen Kalk-Absätze der heutigen Alpengegenden Gebilde grösserer Meerestiefen und unter Mitwirkung von Rhizopoden aufgebaut. So fand K. PETERS im Dachsteinkalk von Ober-Oesterreich zahlreiche Rhizopoden, namentlich Globigerinen und Textularien.

In der weissen Kreide ist ein grosser Reichthum an Rhizopoden-Schaalen schon lange bekannt, sie besteht hauptsächlich aus Kokkolithen-Schlamm mit Textularien.

In der Eocän-Formation, namentlich in einem westöstlichen Zug, der sich von den Pyrenäen und den Westalpen ins ferne Ost.Asien erstreckt, bilden die Nummuliten mächtige Kalklager. Mit ihnen erscheinen auch Kalksteine aus Alveolinen gebildet. Aus der miocänen Formation verdienen die Amphisteginen-Mergel des Nulliporenkalkes von Wien, Steiermark u. s. w. hervorgehoben zu werden.

Was die heutige Lebewelt anbelangt, so bewohnen die grosse Mehrzahl der Rhizopoden und unter ihnen alle kalkschaligen das Meer und ihre Kalkschalen zeigen sich in grossen Mengen am Meeresboden aufgehäuft, wo sie mit anderen niedergesunkenen festen Theilen ansehnliche Lager von Kalkschlamm hervorbringen. Die Thiere kriechen theils auf dem Meeresboden umher oder auf Steinen oder Algen. Theils leben sie schwimmend an der Oberfläche, theils schwebend in verschiedenen Tiefen, bis mit dem Heranwachsen der Kalkschale ein Wendepunkt eintritt, an welchem sie auf den festen Meeresgrund niedersinken, wo sie noch eine Zeit lang fortleben, um schliesslich unter dem nachfolgenden Bodensatze begraben zu werden.

Die Rhizopoden-Fauna ist besonders in den tropischen und gemässigt-warmen Meeren zu Hause und tritt in den arktischen Gewässern zurück, wiewohl deren auch hier, sobald sie von dem Einflusse des Eises und des Süsswassers geschützt erscheinen, vorkommen. Das vom Schmelzen des Eises hervorgehende Wasser

beeinträchtigt sie wesentlich. Uebrigens giebt es auch besondere Arten in brackischen Meerestheilen. In jenen wärmeren Meeren wird mit dem Absterben des Thieres die Kalkschale ein Theil des kalkigen Schlamm-Absatzes, der sich in ruhigen Tiefen auf dem Meeresgrunde anhäuft und allem Anschein nach im Laufe der Zeit zu grosser Mächtigkeit heranwächst.

Rhizopoden-Gehäuse bedecken, wie die seit 1857 in grosser Ausdehnung vorgenommenen Tiefsee-Sondirungen ergaben, in mehr oder minder grossen Entfernungen vom Festland den Boden namentlich in 1000 Faden, (6000 engl. Fuss, 1829 Meter) bis zu 2000 Faden (12000 Fuss, 3658 Meter) Tiefe und oft noch ein paar hundert Faden tiefer; so namentlich den Boden des zuerst 1857 zur Kenntniss gebrachten atlantischen Telegraphen-Plateaus zwischen Irland und Neufundland in durchschnittlich 1900 bis 2000 Faden Tiefe. Sie bilden hier — theils abgestorben, theils noch lebend — als lockere zähe Masse den weissen Tiefsee-Schlamm oder Globigerinen-Schlamm (*Globigerina*-Ooze). Es sind Rhizopoden zusammen mit Kokkolithen, Radiolarien, Diatomeen und mancherlei gelegentlich niedergesunkenen festen Theilen schwimmender Meeresbewohner z. B. Pteropoden-Gehäuse. Von ihnen herrschen Arten von *Globigerina*, besonders *Glob. bulloides* D'ORB. (bis zu 1 Millim. gross) nebst solchen von *Orbulina* und *Pulvinulina*. Dieser heutige oceanische Kalkabsatz ähnelt sehr der nur viel älteren und schon etwas stärker (unter Einfluss alkalischer Reaction) veränderten weissen Kreide, in der übrigens die Gattung *Textularia* vorherrscht.

Nicht in allen Meerestiefen setzt sich kalkiger Globigerinen-Schlamm ab. Von einer gewissen Tiefe an — beiläufig bei 2300 Faden (13800 engl. Fuss, 4206 Meter) oder bei 2400 Faden (14400 engl. Fuss, 4390 Meter) erscheinen die Kalkschalen der Globigerinen, die Kokkolithen und übrigen Kalkkörper angefressen oder angeätzt, der Kalkgehalt des Bodensatzes in Abnahme begriffen (offenbar unter Einfluss saurer Reaction) und damit geht die weissliche Farbe desselben in Grau über. In noch grösseren Meerestiefen stellt sich eine rothe Farbe des Grundschlammes ein. Hier fehlt in der Regel jede Spur von Kalkkörpern. Offenbar wird, was von solchen in die grössten Meerestiefen niedersinkt, hier rasch wieder aufgezehrt. So namentlich in den Tiefen des Stillen Oceans. Die Grenze dieser kalkreichen und kalkarmen oder kalkfreien Bodenabsätze fällt in den verschiedenen Meeren in ungleiche Tiefe. So fehlt auch im Mittelmeer der eigentliche Globigerinen-Schlamm fast vollständig (wie man vermuthet in Folge eines von den vulkanischen Herden ausgehenden grösseren Kohlensäure-Gehaltes der tieferen Wasserschichten und des grösseren Abschlusses dieses Beckens.)

Wir gehen nun näher zur Gestalt und dem Bau der Rhizopodenschale über. Hier herrscht im Gegensatz zum einförmigen und ungestalteten Sarkodekörper dieser Klasse eine überraschende Mannigfaltigkeit der Formen und unter ihnen oft überaus regelmässige und zierliche Muster, welche der Gehäuseform von Mollusken z. B. Orthoceren, Nautilen und Thurmschnecken präludiren. Hiernach sind mit anscheinender Leichtigkeit zahlreiche Gattungen und Arten zu unterscheiden, ein Umstand, der die paläontologische Bedeutung der Klasse beträchtlich erhöht. In einer früheren Zeit betrachtete man diese schneckenförmigen Schalen als winzige Cephalopoden, bis DUJARDIN im Jahre 1835 zeigte, dass das sie bewohnende Thier einer der niedersten Stufen thierischer Organisation angehört und ausser der oft spiral in einer Ebene gerollten Schale mit den Nautilen nichts gemeinsam hat. Aus jener Zeit stammt die Bezeichnung »Foraminiferen«,

welcher die vermeintliche Beziehung zu den eigentlichen Cephalopoden oder Siphoniferen festhalten sollte.

Die am nächsten liegende Eintheilung der Rhizopodengehäuse ergiebt sich mit dem Unterschied der einkammerigen und der mehrkammerigen Formen. Diese Eintheilung muss man, wenn sie auch schon veraltet ist, gleichwohl kennen lernen.

Die Monothalamien oder einkammerigen Rhizopoden, *Monothalamia, Monostegia*, stellen die einfachere, anscheinend ältere und primitivere Form der Klasse dar. Die Schale ist einfach und ungekammert, von kugeliger oder eiförmiger Gestalt wie bei *Lagena (Oolina)* — oder länglich und gerade ausgezogen — oder röhrenförmig und in symmetrischer Spirale gerollt wie bei *Cornuspira* und bei *Spirillina*. Ein chitinoser ovaler Sack ist das Gehäuse von *Gromia*. An der Mündung dieser einfachen Gehäuse tritt ein Bündel von Schleimfäden hervor, mittelst deren das Thier umherkriecht und seine Nahrung findet.

Die Polythalamien oder vielkammerigen Rhizopoden, *Polythalamia*, sind viel reichlicher vertreten und haben einen zusammengesetzteren Körper- und Schalenbau. Sie bilden ein Gehäuse von vielen Kammern, von denen meist jede jüngere um ein merkliches grösser als die vorhergegangene zu sein pflegt. Es ist in einigen Fällen unregelmässig gehäuft, in der Regel aber nach gleichmässigem gewöhnlich an Nautilen, Schnecken u. dergl. erinnerndem Muster angelegt. So sind die Kammern bald in einer geraden Reihe hinter einander gelegen, wie bei *Nodosaria* und *Orthocerina*. Bald sind sie in einer Spirale eingerollt. Diese ist dann wesentlich symmetrisch angelegt wie bei *Cristellaria* und *Nummulites*. Oder sie ist ungleichseitig und etwas kreiselförmig wie bei *Rotalia* und *Globigerina*. In noch anderen Fällen alterniren die Kammern und erscheinen dann in zwei oder drei Achsen gestellt, wie namentlich bei *Textularia*. In der Regel steht jede jüngere Kammer mit der unmittelbar voraus gegangenen durch die offen bleibende Mündung in Verbindung, so dass ein belebter Sarkodestrang von den älteren bis zur jüngsten Kammer sich forterhält. Doch ist dies nicht immer der Fall. So zeigen am kreiselförmig spiralen Gehäuse von *Globigerina* die Kammern freie Mündungen, die an dessen Nabelseite in spiraler Anordnung benachbart stehen. In anderen Fällen verlauft bei einem spiralen vielkammerigen Gehäuse an der Wölbung noch ein Dorsalstrang mit einem System von feinen Kanälen, die in jede neu hinzuwachsende Kammer sich verzweigen. So namentlich bei *Nummulites*.

Die Bildung des mehrkammerigen Gehäuses beruht auf dem Wachsthum eines primitiven Individuums mit einfacher Schale. Wächst das Thier, so hat es in der festen Schale nicht mehr Raum genug. Es tritt dann durch die Mündung derselben ein Theil der Sarkode hervor und entwickelt sich als Knospe. Sie bildet ein neues Thier, das mit dem älteren in Verbindung bleibt — oder wenn man will, einen neuen Abschnitt des primitiven Individuums darstellt. Das neue Stück wird dabei gewöhnlich grösser, als das ihm voraus gegangene ältere. Die Knospung folgt wohl einem jeweiligen Ruhezustand des Sarkodekörpers. Ob man ein Polythalamium als ein vieltheiliges Einzelindividuum mit periodisch gebildeten Abschnitten ansehen will — oder ob man es als einen aus coordinirten und gleichbegabten Individuen zusammengesetzten Stock anzusehen habe, ist unerheblich. In Wahrheit ist es eine Mittelstufe zwischen dem einen und dem anderen. Die Centralisation ist aber jedenfalls am weitesten bei den

Nummuliten vorgerückt, deren Stock noch ein gemeinsames Dorsokanalsystem besitzt.

ALC. D'ORBIGNY theilte die Polythalamien nach der Anordnung der Kammern in eine Anzahl von Ordnungen, deren Zahl er mit der Zeit steigerte. Wir wollen nur einige derselben erörtern.

Die Stichostegier, *Stichostegia*, schliessen sich am nächsten den Monothalamien (Monostegiern) an und reihen die jüngere der älteren Kammer in gerader oder nur wenig gebogener Reihe an. Das Gehäuse ist also stabförmig und präludirt gleichsam den Orthoceren. Dahin gehören z. B. *Nodosaria*, *Orthocerina*, *Dentalina*.

Die Helicostegier, *Helicostegia*, bilden vielkammerige spirale Gehäuse. Diese sind entweder in derselben Ebene gewunden und meist vollkommen symmetrisch. Oder sie sind schief aufgewunden und auf der einen Seite kreiselförmig, auf der anderen ausgehöhlt (genabelt) oder schwielig verdickt. Die Kammern reihen sich in einer Spirale an einander, wobei in der Regel jede jüngere mit der zunächst älteren durch die in der Spirale gelegene und nach der Knospung offen bleibende Mündung in belebter Verbindung verbleibt.

Sie zerfallen nach dem Verlauf der Spirale in zwei engere Gruppen, Nautiloiden und Turbinoiden. Bei den Nautiloiden fällt die Spirale in eine und dieselbe Ebene und das Gehäuse ist daher meist vollkommen symmetrisch, nautilenähnlich. So ist bei *Cristellaria* das Gehäuse symmetrisch und seitlich zusammengedrückt, die Achse sehr kurz. Aehnlich sind *Operculina* und *Nummulites*. Bei *Alveolina* und *Fusulina* ist das Gehäuse ebenfalls symmetrisch, aber spindelförmig ausgezogen, mit niederen breiten Umgängen und langgestreckter Achse. Bei den Turbinoiden ist die Spirale kegelförmig, das Gehäuse daher unsymmetrisch und ungleichseitig. Die eine Seite ist mehr oder minder ausgestreckt, bald kreiselförmig, bald schlank kegelförmig, die andere flach oder genabelt, die Achse kürzer oder länger. Dahin gehört z. B. *Rotalia*. Bei dieser Gattung ist das Gehäuse niedrig-kreiselförmig, auf der einen Seite ein wenig kegelig ausgezogen, seltener flach, auf der anderen Seite schwielig verdeckt oder mit einem nur den letzten Umgang zeigenden Nabel versehen. Aehnlich ist das Gehäuse von *Globigerina*, aber es besteht aus kugelig aufgeblähten Kammern. Es ist übrigens auch merklich ungleichseitig. Die eine Seite lässt ein niederes Gewinde erkennen, die andere einen flachen Nabel, an dem die Kammermündungen stehen. Weiter abweichend ist die Gestaltung von *Bulimina*. Die Achse ist hier lang und die eine Seite zeigt ein schlank ausgezogenes Gewinde. Die andere ist breit gewölbt und die aufgeblähte letzte Kammer verdeckt hier die Achse. Das Gehäuse ist bei dieser Gattung spitz oval.

Eine dritte Ordnung nach D'ORBIGNY sind die Enallostegier, *Enallostegia*. Bei diesen stehen die Kammern zweizeilig und alternirend, seltener dreizeilig, so dass das Gehäuse zwei oder seltener drei Achsen erkennen lässt, die fast gleich laufen und stets eine gerade Linie einhalten. Jede jüngere Kammer wird auch hier etwas grösser als die vorher entstandene, so dass das Gehäuse gewöhnlich einen flachen oder dreiseitigen Keil darstellt. Hierher gehört namentlich die Gattung *Textularia*.

D'ORBIGNY's nur auf die Gestaltung der Gehäuse gegründetes System der Rhizopoden ist nur ein künstliches. Es bleibt ihm aber ein gewisser Werth für die Uebersicht der betreffenden Formen. Wir sind übrigens nur auf einige Ordnungen desselben hier eingegangen.

Eine bessere Grundlage zu naturgemässer Anordnung ergiebt sich mit der Ermittelung der chemischen Zusammensetzung und dem von CARPENTER untersuchten mikroskopischen Bau der Schale. Nach der chemischen Zusammensetzung sind chitinose und kalkabsondernde Formen zu unterscheiden. Weiterhin ergiebt sich ein Unterschied poröser und porenloser Schalen. Endlich giebt es auch Formen, die ihre Schale aus Sandkörnern und anderen fremden Partikelchen zusammenleimen. Noch weiterer Aufschluss über die wahren Verwandtschaften im vielgestaltigen Heer der Rhizopoden dürfte aber von der Feststellung der Anfänge der Schalenbildung, namentlich des Verhältnisses der primitiven Kammern zu den nächst jüngeren zu erwarten sein. Wir betrachten zunächst die Charaktere der porösen und der porenlosen Kalkschale.

Ein Theil der kalkigen Rhizopodengehäuse sind dicht und porzellanartig, von gleichartiger Masse, ohne wahrnehmbare besondere Struktur. Die Schale wird hier nicht von Poren (Röhrchen) durchsetzt. Sie erscheint in auffallendem Lichte opak und weiss. *(Testa calcarea imperforata.)* Diese Formen sind mit einer oder mehreren Mündungen an der Schlusskammer versehen und diese vermitteln hier allein die belebte Verbindung der Sarkode der einzelnen Kammern.

Häufiger sind die perforirten oder porösen Schalen. Hier erscheint die Schale glasig, glänzend, durchscheinend, mit zahllosen in senkrechter Richtung sie durchbohrenden Röhrchen versehen. *(Testa calcarea perforata.)* Diese Röhrchen stehen oft so dicht bei einander, dass der Querschnitt der Schale dadurch ein fein faseriges Aussehen erhält. Die Röhrchen oder Poren dienen zum Durchtritt der Pseudopodien. Ausserdem hat auch die Schlusskammer noch eine grössere oder einige Mündungen.

Es giebt endlich auch Rhizopoden mit kieselig-sandiger Schale. Hier verklebt das Thier feine Sandkörnchen u. dergl. mit der Schalenmasse (nach Art der Phryganeenlarven). Die Kieselstückchen sind unregelmässig und von verschiedener Grösse. Eine wahre vom Thier ausgeschiedene Kieselsäureschale kommt bei den Rhizopoden nicht vor.

Zu den Rhizopoden mit chitinoser Schale *(Rhizopoda testa chitinosa)* gehört *Gromia*, ein Monostegier des süssen Wassers. Diese Gattung hat eine eiförmige oder kugelig-ovale Chitin-Hülle mit einer ziemlich grossen runden Mündung am einen zuweilen halsförmig verlängerten Ende. Diese hautartige biegsame Hülle ist porenlos. Man kennt aus dieser Gruppe noch keine fossilen Reste.

Wichtiger und formenreicher ist schon die Gruppe der Rhizopoden mit undurchbohrter kalkiger Schale *(Rhizopoda testa calcarea imperforata)*.

Hierher gehört besonders die Gattung *Cornuspira*, ein Monostegier mit einfacher und ungekammerter symmetrisch-spiraler Kalk-Schale von dichter porcellanartiger Substanz. Die Umgänge sind zahlreich, sehr langsam anwachsend, in derselben Ebene gelegen, am Rücken gewölbt, der jüngere den älteren nur wenig umfassend. Die Schale erscheint daher im Ganzen flach tellerförmig und weit genabelt, beiderseits sind alle (5—15) Umgänge sichtbar. Die Mündung liegt am Vorderende, sie ist weit oder etwas verengt, oft von der ganzen Weite des letzten Umganges. Arten fossil vom Lias an, tertiär und lebend. *C. cretacea* REUSS *(Operculina cretacea)* hat eine scheibenförmige Schale mit 10—15 Umgängen und wird 0,6 bis 1,6 Millim. gross. Obere Kreide *(Et. sennonien)* von Westphalen.

Die Gattung *Cornuspira* hat der Gehäuseform nach zwei Doppelgänger. *Ammodiscus* REUSS hat eine kieselig-sandige agglutinirte, aber gleicherweise im-

perforirte Schale. Die Arten finden sich ebenfalls vom Lias an fossil und noch lebend. Die dritte Gattung mit derselben Gehäuseform ist *Spirillina* und gehört zu den Perforaten.

Alveolina Bosc ist eine Imperforaten-Gattung mit symmetrischem, aber spindelförmig ausgezogenem Gehäuse, zahlreichen niederen breiten Umgängen und langgestreckter Achse (Vergl. nautiloide Helicostegier pag. 172). Die Kammern sind kurz und der Achse nach langgestreckt, innen durch quer zur Achse ziehende secundäre Septen in Taschen abgetheilt. Die Mündungen sind zahlreich, stehen in einer oder in mehreren Reihen und erhalten die Reihe der Kammern in Verbindung. Gehäuse-Oberfläche in die Länge und in die Quere gestreift. Die allgemeine Form der Schale ist analog der Perforaten-Gattung *Fusulina*. Da nun die Fusulinen im carbonischen und im permischen System vorkommen, die Alveolinen aber mit Beginn der Kreide-Epoche anheben, könnte man an eine Ablösung der ersteren durch die letzteren denken. Die Alveolinen treten besonders im Eocän zahlreich auf und bilden in der Lombardei in Istrien und Dalmatien ansehnliche Kalklager, meist zusammen mit Nummuliten. Lebend erscheinen sie nur noch spärlich vertreten.

Am wichtigsten und formenreichsten ist die Gruppe der Rhizopoden mit poröser Kalkschale *(Rhizopoda testa calcarea perforata)*. Dies sind die eigentlichen Foraminiferen im engeren Sinne des Wortes. Darunter sind wieder einkammerige und vielkammerige Formen.

Die Gattung *Lagena* oder *Oolina* ist monostegisch. Das Gehäuse besteht nur aus einer einzigen Kammer und ist kugelig oder eiförmig oder länglich, oft in einen langen Hals ausgezogen. Mündung rund und endständig. Arten fossil vom Lias an und noch lebend.

Die Gattung *Nodosaria*, *Orthocerina* und *Dentalina* sind der Gehäuseform nach Stichostegier (Vergl. pag. 172) und stellen vielkammerige Stäbe dar. Nodosarien kennt man fossil vom Kohlenkalk an und noch lebend.

Spirillina Ehrenb. ist ein symmetrisch-spiraler Monostegier von der Gehäuseform von *Cornuspira* (Vergl. pag. 173) aber mit poröser Schale. Arten tertiär und lebend.

Cristellaria, *Rotalia* und *Bulimina* sind Helicostegier (Vergl. pag. 172) mit poröser Schale.

Die Gattung *Textularia* gehört nach der Gehäuseform zu den Enallostegiern (Vergl. pag. 172), die Kammern stehen regelmässig in zwei, seltener in drei alternirenden Reihen. Das ganze Gehäuse erscheint darnach gerade ausgestreckt, keilförmig oder kegelförmig, meist zweiseitig und zusammengedrückt, oft zweischneidig, seltener dreiseitig und dreikantig. Die Anfangskammer bildet die Spitze dieses mehr oder minder pyramidalen Gehäuses. Die Mündung der Schlusskammer ist eine an der Gehäusebasis gelegene quere Spalte und ziemlich mittelständig. Die Textularien beginnen mit einigen Arten schon im Kohlenkalk und sind von da an fast in allen Meeresformationen, sowie auch noch in der heutigen Meeresbevölkerung vertreten. Im Dachsteinkalk finden sie sich neben Globigerinen. In der weissen Kreide sind sie reichlich vertreten und stehen hier im Vordergrund nächst den Kokkolithen. *Textularia* hat eine Parallelgattung in *Plecanium*. Auch hier ist wie bei den Textularien die Schale perforirt, das Thier klebt aber ausserdem noch kieselige Sandkörnchen herein. Arten fossil vom Permischen System an und noch lebend.

Die Gattung *Globigerina* gehört der Gehäuseform nach zu den turbinoiden

Helicostegiern (Vergl. pag. 172). Es ist in unsymmetrischer Spirale gewunden, kreiselförmig und ungleichseitig. Es besteht aus einer Anzahl fast kugeliger Kammern, welche, eine jede um ein Merkliches grösser als die vorhergehende, in einer turbinoiden Spirale sich folgen oder auch fast in derselben Ebene angeordnet sind. Auf der einen Seite des Gehäuses steht ein breites niederes Gewinde hervor, an welchem sämmtliche Kammern sichtbar bleiben. Auf der anderen Seite erscheint eine Art von flachem Nabel und hier sind nur die späteren Kammern sichtbar, die älteren verdeckt. Mündung dem Nabel zugewendet, nicht in die nächstfolgende Kammer ausgehend. Um den Nabel herum öffnen sich die Mündungen aller einzelnen Kammern zusammen. Die Globigerinen finden sich fossil von der Trias an und sind noch in der heutigen Meeresfauna vertreten. Sie finden sich spärlich in seichtem Wasser und an der Küste, bilden aber einen Hauptbestandtheil im Schlammabsatz der Tiefsee.

Globigerina bulloides D'ORB. wird etwa 1 Millimeter gross. Kammern zahlreich (12—16) fast kugelig, nur wenig in der Scheibenebene abgeplattet, in der Reihe stufenweise an Grösse zunehmend. Gehäuse undeutlich turbinoid, an der Nabelseite flach. Diese Art ist zahlreich im Tiefseeschlamm des ganzen Atlantischen Oceans und in demselben von 1000 Faden (1829 Meter) Tiefe an mit Kokkolithen vorherrschend. Dieser graulichweisse Kalkabsatz reicht zu Tiefen von 2300 bis 2500 Faden, auch wohl örtlich noch tiefer herab. In den grössten Meerestiefen verschwindet er wieder durch Auflösung (saure Reaction durch Kohlensäure-Anhäufung). Dieselbe Art findet sich auch fossil in der weissen Kreide von Dänemark (nach EHRENBERG) ferner miocän zu Nussdorf, Baden und Möllersdorf bei Wien, pliocän zu Siena u. a. O.

Die Gattung *Fusulina* FISCH. gehört nach der Gehäuseform zu den nautiloiden Helicostegiern, und stellt zugleich in zeitlicher Hinsicht den Vorläufer der sehr ähnlich gebauten Imperforaten-Gattung *Alveolina* dar (vergl. pag. 174). Das Gehäuse ist vielkammerig, symmetrisch, spindelförmig ausgezogen, mit zahlreichen niederen und breiten Umgängen (5—8), und langgestreckter Achse, und äusserlich der Achse parallel gefurcht. Die Umgänge sind vollkommen umfassend und äusserlich nur der letzte Umgang sichtbar. Die Kammern sind zahlreich, niedrig, stark in die Quere gezogen. Die Scheidewände sind meist an den Seiten des Gehäuses, zuweilen auch der ganzen Quere nach gefaltet, wobei die Faltenwölbungen einer Wand mit denen in der nächsten Kammer zusammentreffen. Dabei bleiben zwischen den Wölbungen ebenso viele Höhlungen offen. Hierdurch erhält jede Kammer eine Anzahl von Taschen. Dieselben Lücken bleiben auch auf der Vorderwand der letzten Kammer und bilden hier eine mehr oder minder zahlreiche Reihe von Mündungen. Die Hauptmündung ist eine in der Medianebene des Gehäuses am unteren Rande gelegene Querspalte. Die Fusulinen erreichen die ansehnliche Länge von 11—12 Millim. Sie erscheinen besonders im Kohlenkalk und sollen auch noch im oberen Jurakalk vorkommen. Im Kohlenkalk von Russland, Nord-Amerika u. a. O. setzen sie ansehnliche Lager zusammen. *Fusulina cylindrica* FISCH. hat etwa 30 Kammern und erreicht eine Länge von 10—12 Millim. Diese Art erscheint in ungeheurer Individuenmenge in der Oberregion des Kohlenkalkes von Russland.

Die Gattung *Amphistegina* D'ORB. erinnert in der Gehäuseform zunächst an die nautiloiden Helicostegier, ist aber subsymmetrisch und gehört einer besonderen Ordnung an. Das Gehäuse ist vielkammerig, scheibenförmig oder linsenförmig, fast kreisrund, mit mehr oder mit mehr oder minder zugeschärftem Rücken und

kurzer Achse. Es ist etwas ungleichseitig, auf der einen Seite gewölbter, auf der anderen flacher aber ungenabelt. Am Mittelpunkt liegt auf jeder Seite eine schwielenartige Verdickung. Von der grossen Primitivkammer gehen 4—7 spirale Umgänge mit zahlreichen Kammern aus. Die jüngeren umfassen die älteren vollkommen und reichen mit einem Flügelfortsatz jederseits bis fast zum Mittelpunkt, so dass immer nur der lezte Umgang frei liegt. Die Mündung ist eine schmale, halbmondförmige Querspalte. Sämmtliche Kammern bleiben durch diese Spalten mit einander in Verbindung. Scheidewände aus zwei fast verwachsenen Blättern bestehend, dicht, nicht von Poren durchsetzt. Der Flügelfortsatz jeder Kammer ist auf der gewölbteren Unterseite des Gehäuses durch eine besondere Scheidewand in zwei Taschen abgetheilt. Im Rücken der Umgänge verläuft ein allen Kammern gemeinsamer Strang von dichter, porenloser Kalkmasse. Die Gattung *Amphistegina* erscheint miocän, pliocän und lebend. *Amphistegina Haueri* D'ORB. hat ein wenig gewölbtes, im queren Durchschnitt fast rhombisches, am Rücken ziemlich zugeschärftes Gehäuse von 0,75—2,25 Millim. Sehr ähnlich der lebenden *A. Lessoni* D'ORB. Zahlreich in den lettigen Zwischenlagen des Leithakalks (miocän) zu Nussdorf bei Wien, Wildon in Steiermark u. a. O.

Die Gattung *Nummulites* LAM. (*Nummulina* D'ORB.), gehört nach der allgemeinen Gestalt des Gehäuses zu den nautiloiden Helicostegiern, hat aber manche auszeichnende Charaktere und über ihre systematische Stellung war man eine Zeit lang in Zweifel. (EHRENBERG hielt sie für innere feste Theile von Quallen.) Das Gehäuse ist vielkammerig, in einer Ebene spiral gerollt oder wenigstens subsymmetrisch, und hat zahlreiche, seitlich abgeplattete Umgänge, die — nach Ausschluss der Gattung *Assilina* — vollständig einander umfassen und keinen Nabel bilden. Die Nummuliten stellen darnach mehr oder weniger regelmässige Scheiben oder Linsen dar, beiderseits mehr oder weniger gewölbt, zuweilen selbst fast kugelig. Sie erreichen die verhältnissmässig ansehnliche Grösse von 3—4 bis 5 Centim. Die freie Oberfläche ist meist glatt, häufig aber auch mit erhabenen Wärzchen besetzt, auch zuweilen mit gebogenen Linien bedeckt. Die spiralen Umgänge sind zahlreich (40 und mehr), und wachsen sehr langsam an. Sie umfassen sich bei den typischen Nummuliten vollständig und reichen mit schmalen Flügelfortsätzen bis zur Achsenregion, so dass immer nur der letzte Umgang frei liegt.

Der Umgang besteht aus zahlreichen kurzen Kammern. Jede Kammer hat ihre eigene Wandung, so dass die Scheidewände oder Septen eines Umganges zwei Kalkblätter darstellen. Oft bleibt auch zwischen ihnen noch ein eigener Interseptal-Raum frei, der dann durch Poren mit den betreffenden zwei Kammern in Verbindung steht. Ausserdem steht die Reihe der Kammern noch durch die offen bleibenden Mündungen in Verbindung. Diese stehen jede in der Mediane als eine quere Spalte. Aber die letzte Kammer des Gehäuses schliesst ihre Mündung unter gleichzeitiger Verkümmerung der Schlusswindung. Diese letzte Mündung ist nur selten als quere Spalte noch zu beobachten. Die beiden Flügelfortsätze, mit denen jede Kammer eines jüngeren Umganges auf dem Rücken des vorhergehenden reitet, haben Theil an den Septen und diese erhalten sich hier bald unverändert, bald vernetzen sie sich

Noch bleiben zwei besondere Charaktere zu erörtern. Die Nummuliten haben ein wohlentwickeltes Zwischen-Skelett (*intermediate skeleton*). Es besteht in keilförmigen Pfeilern von dichter Kalkmasse oder in zapfenartigen Partien. Sie stehen besonders auf den Scheidewänden. Auf der Oberfläche des Gehäuses

verursachen sie mehr oder weniger starke Wärzchen. Ferner hat das Nummuliten-Gehäuse ein besonderes Dorsocanal-System. Der Rücken besteht aus einem gleichartigen, dichten Kalkstrange, der einen gemeinsamen Mediantheil der Umgänge darstellt. In diesem Dorsalstrange verläuft noch ein zusammengesetztes Canalsystem. Es ist ein mehrfach vernetztes System von ziemlich starken Canälchen, welche nach der Spirale verlaufen und paarig geordnet sind. Dies sind die sogen. Spiralcanäle. Mit diesen Canälen des Dorsalstranges stehen dann wieder Canäle der Kammerscheidewände in Verbindung, die ihrerseits wieder zu dem Sarkode-Raum der beiden angrenzenden Kammern verlaufen.

Die Nummuliten finden sich in ausserordentlicher Häufigkeit in gewissen Meeresablagerungen der Eocän-Formation, namentlich in der westöstlichen Erstreckung von den Pyrenäen und Alpen über Marokko und Aegypten bis Ost-Indien und China. Durch ihre ansehnliche Grösse und gedrungene Gestalt fallen sie leicht in die Augen, und werden dadurch zu wichtigen Leitfossilien, wiewohl die Arten oft nur schwierig zu unterscheiden sind. Sie bilden häufig Kalkablagerungen von ansehnlicher, 30—40 auch 60 Meter und mehr betragender Mächtigkeit, die vorherrschend aus ihren in ungeheuren Mengen aufgehäuften, oft dicht zusammengedrängten Kalkgehäusen bestehen. Es sind bald Kalksteine, bald kalkige Sandsteine. In dem weiter nördlich gelegenen englisch-französischen Tertiär-Gebiet (Paris, Brüssel, London), kommen zwar auch einige *Nummulites*-Arten vor, aber nicht mehr in solcher schichtenbildender Mächtigkeit abgelagert, wie in der Mediterran-Zone. Man unterscheidet übrigens mehrere Nummuliten-Lager, die vom unteren Eocän an in die Schichtenfolge eingestreut erscheinen und bis zum unteren Oligocän hinaufreichen. In den höheren Tertiärschichten und in der heutigen Meeresfauna finden sich nur noch wenige unansehnliche Arten. Vor dem Eocän, namentlich in der Kreide-Formation fehlen sie noch oder erscheinen nur durch verwandte Gattungen vertreten.

Die Familie *Nummulitidae* ist aber jedenfalls durch nummulitenartige Reste schon im Kohlenkalk von Russland und Belgien vertreten.

Nummulites Gyzehensis FORSKAL findet sich im eocänen Nummulitenkalk von Cairo und der libyschen Wüste. Das Gehäuse ist linsen- oder scheibenförmig, die Oberfläche glatt. Die seitlichen zum Mittelpunkte herabreichenden Verlängerungen der Septen sind einfach, nicht vernetzt. Durchmesser 30—40 Millim., Dicke 5 Millim.

Nummulites laevigatus LAM., findet sich im unteren Grobkalk von Paris (Et. Parisien inf. D'ORB.). Das Gehäuse ist linsenförmig, der Rücken ziemlich scharf und etwas verbogen, die Seiten sind flach gewölbt. Umgänge zahlreich (15—20), dicht gedrängt. Die zu beiden Seiten gegen den Mittelpunkt zu herabreichenden Septalverlängerungen sind vernetzt. Sie verbinden sich häufig mit einander und bilden unregelmässige Maschen. Die Schalenoberfläche jüngerer Exemplare ist feinwarzig, im Alter glatt. Die Wärzchen entstehen vom Zwischenskelett der Kammern, sie entsprechen den zerstreuten Querbälkchen. Durchmesser 15 bis 20 Millim., Dicke 4—5 Millim. In der heutigen Meeresfauna sind die Nummuliten nur durch wenige kleine Arten vertreten.

Die Gattung *Assilina* D'ORB. begreift Nummuliten, deren letzter Umgang den vorhergegangenen nicht oder nur wenig umfasst. Sämmtliche Umgänge sind daher äusserlich entweder über den ganzen Umfang oder doch zum grössten Theil sichtbar. Die Scheidewände der Kammern sind aus zwei Blättern zusammengesetzt und stehen fast rechtwinkelig zur Spiralebene. Die Oberfläche ist glatt oder

mit radialen, meist warzigen Linien versehen. Die Gattung *Assilina* D'ORB. *(Explanatae* D'ARCH.) findet sich im Eocän (bes. in Et. Suessonien) zusammen mit anderen Nummuliten. Der Unterschied beider Gattungen ist also nicht sehr beträchtlich.

Von älteren Fossilien unsicherer systematischer Stellung schliesst man den Rhizopoden (und zwar den imperforirten Formen) namentlich die Gattung *Receptaculites* DEFR. an, die man früher meist den Seeschwämmen zutheilte, die aber weder der einen noch der anderen Klasse mit Bestimmtheit zuzuweisen ist.

Es ist ein zentralisirter kalkiger Stock von Täfelchen und Säulchen, dessen Hohlraum durch ein eigenthümliches System feiner Kanälchen mit der freien Oberfläche in Verbindung steht. Der Stock ist scheiben- oder becherförmig, auf der Unterseite warzenartig zugespitzt, oben weit geöffnet. Die Oberfläche desselben besteht aus rhombischen Kalktäfelchen, die in gebogenen, von der Mitte gegen den Umfang ausstrahlenden Reihen angordnet sind. *Receptaculites Neptuni* DEFR. ist ein wichtiges Leitfossil der oberen devonischen Schichten, unter anderem zu Chimay in Belgien und zu Kunzendorf in Schlesien. Der Stock erreicht 10—20 Centim. Durchmesser. Die Kalktäfelchen der Oberfläche zeigen diagonale Leistchen, die vom Mittelpunkt nach den Ecken laufen und einen feinen Kanal enthalten. Zwischen je zwei solchen Täfelchen verläuft im Inneren ein queres Säulchen, welches einen centralen Kanal führt, der mit den vier Kanälchen des Täfelchens in Verbindung steht. Der durch die Säulchen abgetheilte Hohlraum des Stockes mag wohl bei Lebzeiten des Thieres mit Sarkode erfüllt gewesen sein. Diese stand aber ausser durch die Kanäle der Säulchen sonst nicht weiter mit der Stockoberfläche in Verbindung.

Vielleicht ist *Receptaculites* also ein grosser Rhizopoden-Stock, aber die genaueren Charaktere stimmen mit keiner der sicheren Rhizopoden-Gattungen überein. Ebenso wenig lassen sich die Receptaculiten bei den Spongien unterbringen. Vielleicht ist es also der Vertreter irgend einer erloschenen Mittelklasse.

Wir können nicht umhin, das schon beim »Archäischen System« (I, pag. 49) bereits erörterte Eozoon-Problem nochmals zu berühren, welches seit 1858 Gegenstand mannigfacher Erwähnungen war und auch wohl jetzt noch nicht als entschieden gelten kann. *Eozoon canadense* DAWSON wurde von LOGAN in den krystallinischen Kalksteinen des laurentischen Systems der Ottawa-Gegend in Canada entdeckt und würde, wenn es sicher als fossiler Rest eines Lebewesens erwiesen wäre, als das älteste aller auf unsere Zeit erhaltenen Fossilien zu gelten haben und über manches andere Problem gleicherweise entscheiden. Es bildet in jenen Kalksteinen des krystallinischen Schiefergebirges ansehnliche Nester oder flache Knollen von einem Durchmesser von 10 bis 30 Centim. und darüber. Diese bestehen aus dicken gleichlaufenden, auch etwas wellig auf- und abgebogenen Lagen von Serpentin, Grammatit u. s. w., welche mit ähnlichen Lagen von körniger Kalkmasse wechseln, so dass auf dem Querbruch eine Anzahl verschieden gefärbter Bänder hervortritt. Näheren Aufschluss über den eigentlichen Bau dieser Kalk- und Serpentin-Knollen erhält man aus polirten Flächen und Dünnschliffen. Andere Exemplare hat man mit Salzsäure behandelt, wobei nach der Auflösung des kalkigen Theils ein wabiges Serpentin-Skelett hinterblieb.

DAWSON, CARPENTER und Andere erkannten nach so präparirten Objecten im Eozoon den Rest eines grossen zu ansehnlichen knollenförmigen Stöcken anwachsenden Rhizopoden, der aus flachen unregelmässigen über einander folgenden Kammern sich aufbaute. Die durch kalkige Wandungen von einander ge-

schiedenen Kammern standen noch mittelst weiter Mündungen und hin und wieder auch durch feinere Canäle miteinander in Verbindung. Ihr Bau war also einigermaassen analog dem der perforirten Rhizopoden, namentlich auch dem der Nummuliten. Nach dieser Deutung entsprechen die Kalklamellen des Eozoon den Wandungen der einzelnen Kammern und sind also eine mineralische Abscheidung des Thieres. Die Serpentin- und Grammatit-Masse aber ist eine Umwandlung der schlammigen Einlagerung, welche nachträglich in den bei Lebzeiten des Thieres von schleimiger Sarkode erfüllten Kammerraum, sowie in die in den Kammerwandungen verlaufenden und die einzelnen Individuen des Stockes mit einander verknüpfenden Canälchen eindrang. Zieht man also aus einem Eozoon-Knollen mittelst einer Säure den kalkigen Bestandtheil aus, so erhält man mit dem hinterbleibenden Serpentin-Skelett — je nach dem besonderen Erhaltungszustande mehr oder minder genau — die Gestalt der gesammten thierischen Sarkode des Stockes nebst einem Theile der das Kalkskelett durchsetzenden Canälchen. Man dürfte darnach in diesen Kalk- und Serpentin-Knollen die Reste grosser festsitzender Rhizopoden-Stöcke erblicken, die mit unregelmässig-concentrischen Schalen anwuchsen. Gleichwohl wird die organische Abkunft des Eozoon noch von einer Reihe gewichtiger Beobachter bezweifelt und neuerdings scheint sogar die Mehrzahl der Stimmen auf die Ansicht zu fallen, dass dasselbe nur auf einer eigenthümlich gearteten Mineral-Concretion beruht.

An die Rhizopoden schliesst sich als höhere Stufe die Klasse der Heliozoen oder Sonnenthierchen, *Heliozoa*, mit der Gattung *Actinosphaerium*, einem schleimigen, der festen Theile ermangelnden Bewohner des Süsswassers. Die concentrische Differenzirung des Organismus ist bei dieser Thierform bereits um einen beträchtlichen Grad vorgerückt. Man kennt davon keine fossilen Vertreter. Die höchste Stufe der Rhizopoden im weiteren Sinne bilden die theils weichen, theils mit einem mehr oder minder zusammengesetzten Kieselskelett versehenen Radiolarien, die wir als eigenen Artikel (pag. 135) schon erörterten.

Salze

von

Professor Dr. **Kenngott.**

Bei den chemischen Reactionen wurde angegeben, dass eine nicht geringe Anzahl von Mineralen in Wasser löslich sind, welche dabei einen bestimmten Geschmack erregen und da in dieser Beziehung das schlichthin Salz genannte Steinsalz allgemein bekannt war, so wurden schon in älterer Zeit solche Minerale als Salze zusammengestellt, welche trotz grosser stofflicher Verschiedenheit die leicht erkennbare Eigenschaft besitzen, in Wasser löslich zu sein und einen bestimmten Geschmack zu erregen. Es erschien desshalb hier zweckmässig, wo es darauf ankam, eine grössere Anzahl von Mineralen zusammenzustellen, welche einen gemeinsamen Charakter zeigen, nicht sie in den Ordnungen eines bestimmten Mineralsystems vorzuführen, unter dem Namen Salze die im Wasser löslichen festen Minerale zusammenzufassen, mit Ausschluss derjenigen, welche Säuren darstellen. Der chemische Ausdruck Salze und Doppelsalze ist damit nicht zu verwechseln, weil derselbe eine viel weitere Ausdehnung hat.

Bei der sehr verschiedenen Löslichkeit in Wasser kommt es allerdings vor,

dass einzelne Minerale in grosser Menge von Wasser löslich sind, wie z. B. der Gyps in 380 bis 460 Theilen Wasser löslich ist, da man aber eine derartige Löslichkeit nicht rasch bestimmen kann, so ist es bei den als Salze zusammengefassten Mineralen erforderlich, dass man sich in kurzer Zeit von der Löslichkeit überzeugen kann, indem man eine solche Probe im Glaskolben mit Wasser behandelt, mit kaltem oder kochendem und dabei wahrnimmt, dass die Probe aufgelöst wird oder dass man eine solche Probe mit der Zungenspitze berührt und dabei einen gewissen Geschmack wahrnimmt, wie bei dem Steinsalz, bei Alaunen, Vitriolen u. a. m.

Alle derartigen Minerale stofflich mit einander verglichen, zeigen eine grosse Mannigfaltigkeit ihrer chemischen Constitution, indem sie entweder wie das Steinsalz wasserfreie Chlorverbindungen und wasserhaltige, oder wasserhaltige oder wasserfreie Verbindungen verschiedener Basen mit Schwefel-, Salpeter-, Kohlen- oder Borsäure darstellen. In ihrer Ausbildung stehen sie im Allgemeinen anderen Mineralen nach, indem besonders die für die zu unterscheidenden Arten nöthigen Krystallgestalten meist unvollkommen sind, welchem Uebelstande zum Theil dadurch abgeholfen wird, dass man die morphologischen Unterschiede durch nicht mineralische Krystalle feststellt. Durch solche werden auch die Härte und das spec. Gewicht genauer bestimmbar. Grosse Schwierigkeiten bietet die Feststellung der chemischen Constitution, weil durch die Art des Vorkommens und Aehnlichkeit des Aussehens bisweisen wirkliche Gemenge für einzelne Minerale gehalten werden können und bei der Eigenthümlichkeit der Salze, Wasser in trockener Luft zu verlieren und zum Theil zu zerfallen oder in feuchter Luft Wasser aufzunehmen, gerade dieser wichtige Bestandtheil vieler Salze gewissen Schwankungen unterworfen ist.

Trotz der erheblichen Anzahl solcher Minerale sollen hier nur wenige beschrieben werden, weil die Mehrzahl untergeordnete Vorkommnisse sind.

1. Das Steinsalz, unstreitig das wichtigste und verbreitetste Mineral in dieser Gruppe, welches selbst als Gesteinsart vorkommt, mächtige Lager und sogenannte Stöcke in mehreren Formationen bildet, krystallisirt tesseral, das Hexaeder darstellend und ist vollkommen hexaedrisch spaltbar. Die Krystalle sind aufgewachsen. Die grossen derben Massen sind krystallinisch-körnige, gross- bis feinkörnige, niemals vollkommen dichte. In Spalten und Klüften, dieselben ausfüllend findet es sich auch parallel-stenglig bis feinfasrig, mehr oder minder mächtige Platten bildend, auf der Oberfläche von Gesteinen oder in Höhlungen bildet es stalaktitische Gestalten, krystallinische Ueberzüge bis Beschläge und Efflorescenzen, so auch auf der Erdoberfläche, wenn der Boden von Salzwasser durchtränkt ist und das Salz durch Verdunstung des Wassers sich ausscheidet. Es ist im reinsten Zustande farblos bis weiss, durch Beimengungen gefärbt, wie blass fleischroth bis dunkel blutroth durch Eisenoxyd, gelblich durch Eisenoxydhydrat, grau durch thonige Beimengungen, selten sapphirblau durch eine Kohlenwasserstoffverbindung; es ist glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, ausgezeichnet diatherm, wenig spröde, hat H. = 2,0 und spec. Gew. = 2,1—2,2. Sein Geschmack ist rein salzig. Als Chlornatrium enthält es entsprechend der Formel $NaCl$ 39,3 % Natrium und 60,7 % Chlor.

In Wasser ist es leicht löslich, v. d. L. auf Kohle leicht schmelzbar und bei starker Hitze verdampfbar; auf Platindraht geschmolzen färbt es die Flamme intensiv röthlichgelb, bei Zusatz von Phosphorsalz und Kupferoxyd blau, das Chlor dadurch anzeigend. Beim Erhitzen im Kolben zerknistert es, bisweilen

selbst beim Lösen im Wasser (das sogen. Knistersalz, in Folge mechanisch eingeschlossener Gase).

Bei seinem reichen Vorkommen als Gesteinsart, besonders in Begleitung von Gyps, Anhydrit und Thon in verschiedenen Formationen, wie in der Dyas-, Trias- und Tertiärformation wird es von dem in der Erde circulirenden Wasser (s. Artikel »Quellen«) aufgelöst, wodurch die sogen. Salz- oder Soolquellen entstehen, aus denen viel Salz als sogen. Kochsalz gewonnen wird und findet sich daher auch in Flüssen und Seen, sowie es auch allgemein im Meerwasser enthalten ist, selbst aus diesem als sogen. Seesalz gewonnen wird. Sein Gebrauch ist allgemein bekannt, zunächst in den Haushaltungen bei der Bereitung der Speisen, beim Ackerbau, in der Viehzucht, in Fabriken, als Arzneimittel u. s. w.

Andere Chloride finden sich gegenüber dem Steinsalz selten, am reichlichsten noch an einzelnen Punkten, wie bei Stassfurt in der preussischen Provinz Sachsen und bei Kalusz in Galizien der Sylvin (auch Hövelit, Schätzellit und Leopoldit genannt), das Analogon des Steinsalzes, als Chlorkalium KCl mit 52,4% Kalium und 47,6% Chlor. Derselbe bildet sehr schöne tesserale Krystalle, gewöhnlich das Hexaeder in Combination mit dem Oktaeder, selbst noch mit anderen tesseralen Gestalten und ist gleichfalls vollkommen hexaedrisch spaltbar. Ausserdem findet er sich derb mit krystallinisch-körniger Absonderung, stenglig und als vulkanisches Sublimat, ähnlich dem Steinsalz, wie am Vesuv. Er ist farblos bis weiss, unwesentlich roth durch Eisenoxyd, durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend, hat H. = 2 und spec. Gew. = 1,9—2,0. In Wasser leicht löslich, v. d. L. leicht schmelzbar, die Flamme violett färbend.

Ferner ist bemerkenswerth der Salmiak, das Chlorammonium $AmCl$ mit 66,3% Chlor und 33,7% Ammonium oder da dieses die mit Am abkürzend bezeichnete Verbindung H_4N ist, mit 26,2% Stickstoff und 7,5% Wasserstoff anstatt der 33,7% Ammonium. Es spielt nämlich hier und in einigen anderen Salzen das Ammonium dieselbe Rolle, wie die Alkalimetalle und wird daher, um diese Analogie in Verbindungen auszudrücken, durch Am bezeichnet. Der Salmiak krystallisirt auch tesseral, auf Klüften und Spalten von Lava und an den Kraterwänden Krystalle bildend, welche das Oktaeder, das Deltoidikositetraeder 3O3 u. a. darstellen und gewöhnlich unregelmässig ausgebildet sind, besonders durch Ausdehnung nach einer trigonalen Zwischenachse rhomboedrischen Combinationen ähnlich erscheinen. Ausserdem bildet er krystallinische Krusten, stalaktitische Gestalten, Efflorescenzen bis erdige Beschläge. Er ist unvollkommen oktaedrisch spaltbar, hat muschligen Bruch, ist farblos oder durch Eisenchlorid gelb bis braun gefärbt, wenig wachsglänzend, mehr oder weniger durchscheinend, milde bis zähe, hat H. = 1,5—2,0 und spec. Gew. = 1,4—1,6. Sein Geschmack ist stechend salzig. Er ist in Wasser leicht löslich, entwickelt mit Aetzkali, Natron oder Aetzkalk zusammen gerieben stark stechenden Geruch von Ammoniak (H_3N), verflüchtigt sich im Kolben erhitzt vollständig, ohne zu schmelzen und färbt auf Platindraht mit Kupferoxyd und Phosphorsalz geschmolzen die Löthrohrflamme blau. Er findet sich am häufigsten auf Klüften und Spalten vulkanischer Krater und Laven, sowie auch auf der Oberfläche und Klüften von brennenden Schwarz- und Braunkohlenflötzen.

Andere Chloride sind selten, wie z. B. Eisenchlorür $FeCl_2$ und Eisenchlorid Fe_2Cl_6, Ammoniumeisenchlorid $AmFeCl_4$, der orthorhombische Erythrosiderit $KFeCl_4 + H_2O$, der tesserale Kremersit $2(KFeCl_4) + 2AmCl + 3H_2O$, der rhomboedrische Tachyhydrit $2MgCl_2 + CaCl_2 + 12H_2O$ und

der beispielsweise bei Stassfurt in grossen, krystallinisch-körnigen Massen vorkommende Carnallit $MgCl_2 + KCl + 6H_2O$, der bisweilen sehr schöne orthorhombische Krystalle bildet.

Eine durch die sonst nirgends vorkommende Salpetersäure N_2O_5 ausgezeichnete kleine Gruppe der Salze bilden die Nitrate, von denen

2. der Nitratin (Natronsalpeter) durch sein massenhaftes Auftreten obenan steht. Derselbe bildet in den peruanischen Distrikten Atacama und Tarapaca mit Sand untermischt eine bis 8 Fuss mächtige und 25 Meilen weit ausgedehnte Schicht unter der Oberfläche zwischen Thon, derb und krystallinisch-körnig, auch krystallisirt, stumpfe Rhomboeder mit dem Endkantenwinkel = 105° 50′ bildend und ziemlich vollkommen nach den Flächen desselben spaltbar. Er ist farblos bis weiss, gelblichweiss bis gelb und röthlichbraun, glasglänzend, durchsichtig bis durchscheinend, milde, hat H. = 1,5—2,0 und spec. Gew. = 2,1—2,2. Der Geschmack ist kühlend salzig-bitter. Nach der Formel $Na_2O \cdot N_2O_5$ zusammengesetzt, enthält er 36,5 Natron und 63,5 Salpetersäure, zu deren Darstellung er besonders benützt wird, sowie zu der von Kalisalpeter. Zur Bereitung des Schiesspulvers ist er nicht brauchbar, weil er aus der Luft Wasser anzieht. Er ist in Wasser leicht löslich, v. d. L. auf Platindraht leicht schmelzbar, die Flamme intensiv gelb färbend und verpufft auf glühender Kohle weniger lebhaft als der Kalisalpeter.

3. Der Nitrit (Kalisalpeter, auch schlichthin nur Salpeter genannt), welcher sich in Klüften und Höhlungen (Salpeterhöhlen) von Kalkstein und Dolomit und als Efflorescenz des Bodens, in der Nähe von menschlichen Wohnungen, wie in Ungarn auf einem Raume von 130 Quadratmeilen findet, als natürlich vorkommender nur nadel- bis haarförmige Krystalle, flockige Efflorescenzen, mehlartige Beschläge, bisweilen feinkörnige Krusten bildet. Die nicht mineralischen Krystalle dieses Stoffes sind orthorhombisch-prismatische, isomorph mit Aragonit, während der Nitratin isomorph mit Calcit ist. Er ist farblos bis weiss, glasglänzend, mehr oder weniger durchscheinend, hat H. = 2,0 und spec. Gew. = 1,9—2,1 und enthält nach der Formel $K_2O \cdot N_2O_5$ zusammengesetzt 46,5 Kali und 53,5 Salpetersäure. Der Geschmack ist kühlend salzig. V. d. L. auf Platindraht ist er leicht schmelzbar, die Flamme violett färbend, verpufft auf glühender Kohle lebhaft und ist in Wasser leicht löslich. Die wichtigste Benützung ist die zur Bereitung des Schiesspulvers.

Untergeordnet sind die wasserhaltigen Nitrate der Kalkerde und der Magnesia, der Nitrocalcit und der Nitromagnesit.

Die Borsäure, welche in Verbindung mit Wasser $3H_2O \cdot B_2O_3$ Sassolin genannt, nach dem Vorkommen bei Sasso in Toscana, als eine nicht unwichtige Species vorkommt, indem z. B. in den Lagunen der Volterra in Toscana jährlich etwa 7000 Centner gewonnen werden, bildet mit mehreren Basen in Wasser lösliche Salze, unter denen

4. der Borax hervorzuheben ist. Derselbe bildet beispielsweise an den Ufern mehrerer Seen in Tibet und auf dem Boden des seichten Clear-Sees in Californien Krystalle und krystallinische Körner, krystallisirt klinorhombisch, auffallend ähnlich dem Augit. Die Krystalle bilden die Combination des Prisma ∞P (87° 0′) mit den an Ausdehnung wechselnden Quer- und Längsflächen, den Basisflächen, welche gegen die Querflächen unter 106° 35′ und 73° 25′ geneigt sind, der hinteren Hemipyramide P′ (122° 34′) u. a., sind deutlich spaltbar nach den Längsflächen, weniger deutlich parallel ∞P und parallel den Querflächen, muschlig

im Bruche. Der Borax ist farblos bis weiss, meist gelblich-, grünlich- oder graulichweiss, wachs- bis glasglänzend, mehr oder weniger durchscheinend, wenig spröde, hat H. = 2,0—2,5 und spec. Gew. = 1,7—1,8. Er ist in 14 Theilen kalten Wassers löslich, hat schwachen süsslich alkalischen Geschmack und enthält auf $1 Na_2O$ $2 B_2O_3$ und $10 H_2O$ mit 16,2 § Natron, 36,6 Borsäure und 47,1 Wasser. V. d. L. bläht er sich stark auf und schmilzt zu klarem farblosem Glase, die Flamme durch das Natron röthlichgelb färbend. Wird er mit Schwefelsäure befeuchtet oder mit Fluoritpulver und saurem schwefelsaurem Kali gemengt geschmolzen, so färbt er die Flamme durch die Borsäure grün. Bei Zusatz von Schwefelsäure zur Lösung im Wasser scheiden sich weisse Schuppen von Borsäure aus.

Andere hierher gehörige Borate, welche, wie der an der Westküste von Afrika aus krystallinischen Fasern zusammengesetzte weisse Knollen bildende Tinkalzit und der in gleicher Weise in der Ebene von Iquique in Peru reichlich vorkommende Boronatrocalcit, wasserhaltige Borate von Kalkerde und Natron, der ähnliche Hayesin von da und der Bechilit von den Ufern der Borsäurelagunen Toskanas, wasserhaltige Borate der Kalkerde sind, sind zum Theil noch wenig sicher bestimmte Species, welche in kaltem Wasser nicht, in kochendem schwierig löslich sind.

Die Kohlensäure bildet auch nur wenige hierher gehörige Species, wasserhaltige Carbonate des Natron, unter denen

5. die Soda obenan steht, welche oft auch den Namen Natron führt. Dieselbe krystallisirt klinorhombisch, zeigt jedoch nicht an den mineralischen Vorkommnissen bestimmbare Krystalle, da sie nur Efflorescenzen und krystallinische Ueberzüge, wie auf der Oberfläche, in Spalten und Drusen vulkanischer Gesteine, (am Vesuv, Aetna, Pic de Teyde auf Tenerife, bei Bilin in Böhmen) auf der Oberfläche des Bodens (Ebene von Debreczin in Ungarn), an den Ufern von Natronseen (z. B. in Unter-Egypten) selbst Lager bildet und durch Wasserverlust rasch verwitternd, zu erdigem Pulver zerfällt. Die nicht mineralischen Krystalle zeigen gewöhnlich die dicktafelige Combination der Längsfläche mit dem Prisma ∞P (79° 41′) und der hinteren Hemipyramide P' (76° 28′) und sind parallel den Quer- und Längsflächen spaltbar. Farblos bis weiss, glasglänzend bis matt, mehr oder weniger durchscheinend, mit H. = 1,0—1,5 und spec. Gew. = 1,4—1,5. Enthält wesentlich auf $1 Na_2O$, $1 CO_2$ und $10 H_2O$ mit 21,7 § Natron, 15,4 Kohlensäure und 62,9 Wasser, ist in Wasser leicht löslich, hat stark laugenhaften Geschmack, ist in verdünnter Salzsäure mit starkem Brausen löslich, schmilzt bei gelinder Hitze, v. d. L. mit Kieselsäure unter Brausen, die Flamme durch das Natron gelb färbend zu klarem Glase.

Zwei andere Verbindungen sind der orthorhombische Thermonatrit bei Lagunilla in Neu-Granada und in Egypten vorkommend, welcher nur $1 H_2O$ auf $1 Na_2O$ und $1 CO_2$ enthält und die klinorhombische Trona, welche auf $2 Na_2O$, $3 CO_2$ und $4 H_2O$ enthält. Letztere in der Berberei in der Provinz Suckena, 2 Tagereisen von der nördlichen Sahara-Oase Fezzan vorkommend, hier sogar derbe krystallinische, als Baustein verwendbare Massen bildend, findet sich auch in den Natronseen Egyptens, bei Lagunilla in Neugranada (Urao genannt) und in Ost-Indien. Sie verwittert nicht an der Luft. Bemerkenswerth ist auch der spärlich an mehreren Fundorten vorkommende klinorhombische Gaylussacit (Gaylussit), eingewachsene Krystalle bildend, welche $1 Na_2O$, $1 CaO$, $2 CO_2$ und $5 H_2O$ enthalten.

Weitaus zahlreicher sind die in Wasser löslichen Sulfate, wie die Bitter-

salze, die Vitriole und Alaune, welche jedoch bezüglich ihrer mineralischen Ausbildung Vieles zu wünschen übrig lassen, da sie auch meist nur krystallinische Efflorescenzen, Ueberzüge, Krusten oder Ausfüllungen von Hohlräumen und Spalten bilden, oft mehr oder weniger durch Verlust von Wasser verwittern oder durch Aufnahme von Wasser zerfliessen, daher selten deutliche Krystalle bilden. Als Beispiele solcher sind nachfolgende anzuführen:

6. Der Epsomit, gewöhnlich ausschliesslich Bittersalz genannt, wegen seines salzigbitteren Geschmackes und wegen des Gehaltes an Magnesia (Bittererde), da er nach der Formel $H_2O \cdot MgO + 6H_2O \cdot SO_3$ zusammengesetzt ist nnd 16,3 % Magnesia, 32,5 % Schwefelsäure und 51,2 % Wasser enthält. Die nicht mineralischen Krystalle sind orthorhombisch prismatisch durch das Prisma ∞P (90° 38') begrenzt durch die stumpfe Pyramide P, deren Endkantenwinkel = 127° 22' und 126° 48' sind und welche bisweilen sphenoidische Hemiedrie zeigt; andere untergeordnete Gestalten sind selten. Als Mineral bildet er stalaktitische Gestalten, fasrige Efflorescenzen auf verschiedenen Gesteinen, selbst auf dem Erdboden, derbe Massen mit körniger, stengliger bis fasriger Absonderung, als dünne Lagen oder Ausfüllung von Spalten, oft in Folge von Verwitterung mehlige Ueberzüge und Beschläge. Spaltbar parallel den Längsflächen, im Bruche muschlig, farblos bis weiss, oft durch Beimengungen zufällig gefärbt, graulich, grünlich, gelblich oder röthlich, durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend bis matt, mit H. = 2,0—2,5 und spec. Gew. = 1,7—1,8. Im Wasser leicht löslich, im Kolben erhitzt Wasser gebend und schmelzend, v. d. L. auf Kohle schmelzbar verliert er das Wasser und die Schwefelsäure, leuchtet und hinterlässt eine schwach alkalisch reagirende Masse (die Magnesia), welche mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blass rosenroth wird, das Kennzeichen der Magnesia.

Der Epsomit, welcher seinen Namen nach dem Fundorte Epsom in Surrey in England erhielt, findet sich im Wasser aufgelöst als Bestandtheil der sogen. Bitterwasser, wie von Epsom, von Saidschitz und Seidlitz in Böhmen u. a. m., als Ueberzug und Efflorescenz wie bei Herrengrund und Neusohl in Ungarn, Berchtesgaden in Bayern, Idria in Krain, Calatuyad in Aragonien in Spanien, auf dem Boden der sibirischen Steppen u. s. w. Er dient besonders als Arzneimittel und zur Darstellung von Magnesia und Magnesiacarbonat.

Ausser dem Epsomit, welcher gewöhnlich als Magnesiasulfat $MgO \cdot SO_3 + 7H_2O$ aufgefasst wird, und ausser welchem die nicht mineralischen Verbindungen $MgO \cdot SO_3 + 6H_2O$ und $MgO \cdot SO_3 + 12H_2O$ bekannt sind, findet sich als Mineral der klinorhombische Kieserit $MgO \cdot SO_3 + H_2O$ mehr oder minder mächtige krystallinisch-körnige bis fast dichte Schichten im Steinsalz bei Stassfurt bildend, reichlich auch bei Kalusz in Galizien und bei Hallstadt in Oesterreich (hier auch krystallisirt), welcher begierig Wasser anzieht und allmählich in Epsomit übergeht, sowie der in mächtigen feinkörnigen Schichten bei Stassfurt und Kalusz vorkommende klinorhombische Kainit, welcher an der Luft nicht feucht wird, aber in Wasser leicht löslich ist und auf $MgO \cdot SO_3 + 3H_2O$ noch 1 KCl enthält. — Ausserdem finden sich auch Doppelsalze mit Alkalien, wie der klinorhombische Blödit (auch Simonyit und Astrakanit genannt) von Stassfurt, Ischl, Hallstadt, von den Ufern der Bittersalzseen an der Ostseite der Wolgamündungen, von Mendoza und San Juan in Argentinien und den Mayo Salt Minen im Pendschab, welcher auf $1 MgO \cdot SO_3$ $1 Na_2O \cdot SO_3$ und $4H_2O$ enthält, der quadratische Löweit von Ischl mit $3(MgO \cdot SO_3)$, $3(Na_2O \cdot SO_3)$ und $8H_2O$ und der klino-

rhombische Pikromerid vom Vesuv und von Stassfurt (der von hier Schönit genannt), welcher auf 1 $MgO \cdot SO_3$, 1 $K_2O \cdot SO_3$ und 6 H_2O enthält.

In Betreff der Formeln dieser und anderer wasserhaltigen Sulfate ist zu bemerken, dass sie nicht als endgiltige zu betrachten sind, weil die Deutung des Wassers in der Verbindung durch die Trennung als Krystall — und als Constitutionswasser noch nicht überall festgestellt ist.

7. Der Mirabilit (Glaubersalz, sal mirabile Glauberi), klinorhombisch wie die nicht mineralischen Krystalle dies zeigen, welche nach der Querachse lang gestreckt in der Querachsenzone die Quer- und Basisflächen (unter 107° 45′ gegeneinander geneigt), das vordere und hintere Querhemidoma $P\bar{\infty}$ und $P'\bar{\infty}$, jenes unter 120° 10′, dieses unter 107° 45′ gegen die Querflächen geneigt zeigen, seitlich durch das Prisma ∞P (86° 31) und die Längsflächen begrenzt auch noch andere Gestalten finden liessen. Die Krystalle sind vollkommen spaltbar parallel den Querflächen und haben muschligen Bruch. Als Mineral bildet er nur krystallinische, krustenartige und stalaktitische Ueberzüge, fasrige Efflorescenzen und mehlige Beschläge. Ist farblos, weiss, oft graulich — und gelblichweiss, glasglänzend bis matt, mehr oder weniger durchscheinend, milde, hat H. = 1,5—2,0 und spec. Gew. = 1,4—1,5. Der Geschmack ist kühlend und salzig-bitter. Enthält auf 1 Na_2O 1 SO_3 und 10 H_2O mit 19,2 % Natron, 24,8 Schwefelsäure, 56,0 Wasser und verwittert rasch durch Verlust des grössten Theiles seines Wassers und zerfällt. Ist in Wasser leicht löslich, schmilzt im Kolben erhitzt und giebt in der Reductionsflamme auf Kohle behandelt Schwefelnatrium, welches alkalisch und hepatisch reagirt, befeuchtet auf reinem Silber dasselbe schwärzt. Beim Schmelzen auf Platindraht wird die Flamme durch das Natron gelb gefärbt.

Der Mirabilit ist häufig wie Soda und Epsomit im Wasser von Quellen und Seen aufgelöst und setzt sich als Efflorescenz oder Ueberzug auf dem Erdboden und auf Gesteinen ab, wie bei Salzseen in Russland und Egypten, auf Steppen, wie in Sibirien, auf Wiesen, wie bei Eger in Böhmen, auf Laven, wie am Vesuv. Sein Gebrauch wie als Arzneimittel, in der Seifen- und Glasfabrikation, zur Darstellung von Soda ist vielfältig.

Bemerkenswerth ist auch das Vorkommen wasserfreier Sulfate von Alkalien, wie der orthorhombischen Species Thenardit $Na_2O \cdot SO_3$, Arcanit (Glaserit) $K_2O \cdot SO_3$ und Mascagnin $Am_2O \cdot SO_3$, denen sich die klinorhombische Species Glauberit $Na_2O \cdot SO_3 + CaO \cdot SO_3$ anschliesst.

8. Die Alaune. Dieselben bilden eine eigenthümliche Gruppe von Species, welche entweder auf ein Molecul K_2O, Na_2O oder Am_2O oder auf ein Molecul RO (wobei RO Magnesia, Eisen- oder Manganoxydul ist) ein Molecul R_2O_3 (Thonerde, Eisen- oder Manganoxyd) vier Molecule SO_3 und 24 Molecule H_2O enthalten, wodurch je nach den wesentlichen Basen R_2O, RO und R_2O_3 verschiedene Species gebildet werden. Als solche werden zunächst der Kalialaun (Kalinit), Kali und Thonerde, der Natronalaun (Mendozit), Natron und Thonerde, Ammoniakalaun (Tschermigit), Ammonia und Thonerde in den angegebenen Verhältnissen enthaltend, unterschieden, welche nicht mineralisch dargestellt tesseral krystallisiren, das Oktaeder, das Hexaeder oder Combinationen des Oktaeders mit dem Hexaeder, auch mit dem Rhombendodekaeder bilden, selbst andere, als Minerale selten Krystalle, gewöhnlich nur Efflorescenzen oder parallel-fasrige bis stenglige Ausfüllungen von Spalten oder lockere Haufwerke von Krystallfasern oder krystallinische Ueberzüge bilden. Sie sind farblos bis weiss, bisweilen grünlich- oder gelblichweiss, glas-bis seidenglänzend, mehr oder weniger

durchscheinend, haben H. = 2,0—2,5, spec. Gew. = 1,9—1,7 und süsslichen zusammenziehenden Geschmack. Sie sind in Wasser leicht löslich, schmelzen und schwellen im Kolben erhitzt zu schwammiger Masse an, welche v. d. L. auf Kohle mit Kobaltsolution befeuchtet blau wird.

Diesen Alaunen, welche nicht häufig und selten in reichlicher Menge vorkommen, hat man als Alaune noch einige andere ähnliche Vorkommnisse angereiht, wie den Magnesiaalaun (Pickeringit), Manganalaun (Apjohnit) und Eisenalaun (Halotrichit), welche fast nur fasrig vorkommen, weiss oder wenig gefärbt sind und in der Zusammensetzung wohl dem Verhältnisse 1 RO, $1 Al_2O_3$, $4 SO_3$ entsprechen, doch etwas weniger Wasser enthalten, krystallographisch nicht bestimmt sind. Gewöhnlich finden sich solche fasrige Alaunsalze nicht rein, haben noch andere Sulfate beigemengt, wodurch nicht allein neben den vorherrschenden Basen RO noch stellvertretend eine zweite eintritt, auch Eisen- oder Manganoxyd neben der Thonerde in geringen Mengen gefunden werden und schon bei der Auflösung im Wasser bei einer scheinbar gleichmässigen Substanz Zerlegungen in zwei oder mehr bemerkt werden.

Ohne eine zweite Basis bildet die Schwefelsäure mit Thonerde und Wasser als eine den Alaunen sich anschliessende Species den Keramohalit, welcher wie die Alaune süsslich adstringirenden Geschmack hat, fasrig bis nadelförmig, als Efflorescenz, traubig bis nierenförmig, Krusten und Ausfüllungen von Hohlräumen und Spalten bildend vorkommt und auf $1 Al_2O_3$ $3 SO_3$ und $18 H_2O$ enthält, krystallographisch nicht bestimmt ist.

Die Vitriole oder Vitriolsalze, mannigfaltige wasserhaltige Verbindungen der Schwefelsäure mit Metalloxyden, wie namentlich Eisenoxydul und Eisenoxyd, Zinkoxyd, Manganoxydul, Nickeloxydul, Kobaltoxydul, Kupferoxyd oder Uranoxydul, welche sich meist durch einen eigenthümlichen herben und widerlichen zusammenziehenden Geschmack auszeichnen, kommen oft vor, weil die Schwefelsäure in Folge der Zersetzung Schwefel enthaltender Minerale entstanden leicht Neubildungen eingeht. In ihrem mineralischen Vorkommen sind sie in der Regel wie andere Salze nicht deutlich krystallisirt und verwittern oft durch Verlust an Wasser oder zerfliessen durch Aufnahme von Wasser. Wie schon bemerkt wurde, sind Eisenoxydul oder Eisenoxyd enthaltende Vitriole mehrfach vorhanden und als ein solcher zunächst im Anschluss an die Alaunsalze der Voltait zu erwähnen, welcher in der Solfatara bei Neapel, im Rammelsberge bei Goslar am Harz und bei Kremnitz in Ungarn (Pettkoit) vorkommend, kleine dunkelgrüne bis schwarze Krystalle mit den Gestalten O, ∞O und ∞O∞ bildet, grünlichgrauen Strich, H. = 3,0 und spec. Gew. = 2,79 hat, wesentlich ein wasserhaltiges Sulfat von Eisenoxydul und Eisenoxyd ist, dessen Formel noch nicht genau ermittelt wurde. Unter den Vitriolen sind beispielsweise anzuführen:

9. Der Melanterit (Eisenvitriol, grüner Vitriol). Derselbe findet sich selten deutlich krystallisirt, erscheint meist stalaktitisch, zapfenförmig, traubig, nierenförmig, als krystallinische Krusten und Ueberzüge, auch derb mit krystallinisch körniger, stengliger bis faseriger Absonderung. Die einfachsten Krystalle bilden meist als kurzprismatische die Combination des klinorhombischen Prisma ∞P (82° 22′) und der Basisflächen, welche mit den Prismenflächen die CKwinkel 99° 20′ und 80° 40′ bilden. Ausserdem wurden, besonders an nicht mineralischen Krystallen noch verschiedene andere Gestalten in Combination mit jenen gefunden, wie das hintere Querhemidoma $P'\bar{\infty}$, die vordere Hemipyramide P

(101° 34'), die Längsflächen u. a. m. Sie sind vollkommen spaltbar parallel den Basisflächen, deutlich parallel dem Prisma ∞P.

Er ist lauch- bis berggrün, dunkel bis hell, auch bisweilen blaulichgrün, glasglänzend, halbdurchsichtig bis durchscheinend, wird oft an der Oberfläche gelb und matt, hat H. = 2,0 und spec. Gew. = 1,8—1,9, hat herben zusammenziehenden, etwas süsslichen Geschmack und ist im Wasser leicht löslich. Die Lösung wird durch Galläpfeltinktur bläulichschwarz, worauf seine Anwendung zur Bereitung der schwarzen Tinte beruht. Im Kolben erhitzt schmilzt er, wird weiss, giebt Wasser ab und beim Glühen schweflige Säure, v. d. L. auf Kohle hinterlässt er rothes Eisenoxyd, welches in der Reduktionsflamme schwarz und magnetisch wird. Nach der Formel $H_2O \cdot FeO + 6H_2O \cdot SO_3$ oder $FeO \cdot SO_3 + 7H_2O$ zusammengesetzt enthält er 25,9 § Eisenoxydul, 28,8 § Schwefelsäure und 45,3 § Wasser.

Er bildet sich meist durch Zersetzung Schwefeleisen enthaltender Kiese und findet sich häufig unmittelbar bei diesen oder in Wasser gelöst und fortgeführt (Vitriolwasser), aus diesen wieder abgesetzt in verschiedenen Gesteinen, in Klüften, Spalten, Hohlräumen und auf der Oberfläche. Er wird vielfach verwendet, wie zur Bereitung der schwarzen Tinte, in der Gerberei, Färberei und Druckerei, zur Darstellung der Schwefelsäure (Vitriolöl), des Berlinerblau, des als Malerfarbe Colkothar genannten rothen Eisenoxydes, in der Heilkunde u. s. w.

Bei der analogen Zusammensetzung des Melanterit und Epsomit als Sulfat der Base RO mit $7H_2O$ und der verschiedenen Krystallisation ist es von Interesse anzuführen, dass, da nichtmineralische Krystalle des Magnesiasulfates auch isomorph mit Melanterit erhalten werden können, das Eisenoxydulsulfat als Mineral auch in der Form des Epsomit gefunden wurde, besonders an der Windgelle im Canton Uri (pagus Tauriscorum) in der Schweiz, wonach diese Species Tauriscit genannt wurde.

Andere Vitriole analoger Zusammensetzung und mit anderer Basis RO, die aber selten vorkommen, entsprechen der einen oder anderen Krystallisation, wie der weisse Zinkvitriol (Goslarit) mit ZnO und der grüne Nickelvitriol (Morenosit) mit NiO der des Tauriscit, der rothe Kobaltvitriol (Bieberit) mit CoO und Manganvitriol (Mallardit) mit MnO, der blaue Pisanit mit FeO und CuO und der Cupromagnesit mit CuO und MgO der Krystallisation des Melanterit.

Auch das Eisenoxyd bildet mit Schwefelsäure und Wasser verschiedene in die Gruppe der Vitriole gehörige Species, wie z. B. den hexagonalen Coquimbit, den tesseralen Blakeit, den orthorhombischen Copiapit, den Stypticit, Fibroferrit, Graulit und Ihleït, deren Zusammensetzung zum Theil nicht genau bestimmt ist, weil bei solchen Vorkommnissen oft Beimengungen vorkommen, die Analysen bisweilen stark beeinflussen. Bei einigen, wie schon oben der Voltait angeführt wurde, ist auch Eisenoxydul und Eisenoxyd mit einander mit Schwefelsäure und Wasser verbunden, wie im klinorhombischen Römerit, $FeO \cdot Fe_2O_3 + 4(3H_2O \cdot SO_3)$ und dem Botryogen.

10. Der Chalkanthit (Kupfervitriol, blauer Vitriol), welcher als Mineral wie die anderen Vitriole selten deutliche Krystalle bildet und im Vorkommen jenen entspricht, krystallisirt anorthisch. Die Krystalle, wie man sie häufig als nichtmineralische sieht und bestimmt hat, zeigen meist vorwaltend ein anorthisches Prisma l∞P·r∞P, dessen breite Flächen das linke und dessen schmale Flächen das rechte Hemiprisma bilden und den brachydiagonalen Kantenwinkel = 123° 10'

bilden. Das dieses Prisma begrenzende Flächenpaar wird gewöhnlich als rechte vordere Tetartopyramide rP aufgefasst, wobei rP mit dem rechten Hemiprisma r∞P die Winkel 127° 40' und 52° 20' bildet. Dazu treten oft die Querflächen ∞P$\bar{\infty}$ als Abstumpfung der brachydiagonalen und die Längsflächen ∞P$\breve{\infty}$ als Abstumpfung der makrodiagonalen Prismenkanten und bilden miteinander die Winkel 100° 41' und 79° 19'. Andere Gestalten sind untergeordnet. Die Spaltbarkeit ist unvollkommen entsprechend den beiden Hemiprismen l∞P und r∞P, der Bruch ist muschlig.

Der Chalkanthit ist sapphir- bis himmelblau, bisweilen grünlich, glasglänzend, mehr oder weniger durchscheinend, hat H. = 2,5 und spec. Gew. = 2,2—2,3; der Geschmack ist widerlich zusammenziehend. Nach der Formel $2 H_2O \cdot CuO + 3 H_2O \cdot SO_3$ oder $CuO \cdot SO_3 + 5 H_2O$ zusammengesetzt enthält er 31,8 § Kupferoxyd, 32,1 § Schwefelsäure und 36,1 § Wasser. Er ist in Wasser leicht löslich und aus der Lösung wird das Kupfer durch Eisen gefällt; im Kolben erhitzt schwillt er stark an, giebt Wasser und wird weiss; mit Kohlenpulver gemengt entwickelt er schweflige Säure. V. d. L. auf Kohle bläht er sich auf und schmilzt, die Flamme grün färbend; der unschmelzbare Rückstand wird bläulichschwarz und lässt sich mit Soda zu Kupfer reduciren. — Der Chalkanthit, meist durch Zersetzung des Chalkopyrit und Chalkosin entstehend, giebt in Wasser aufgelöst (Cäment- oder Kupferwasser) und aus demselben abgesetzt die gewöhnlichen stalaktitischen, traubigen und nierenförmigen Vorkommnisse, Krusten, Ueberzüge und Beschläge an vielen Fundorten und findet vielfache Verwendung wie bei der Färberei, Druckerei, Papierfabrikation, zur Verkupferung des Eisens, zur Darstellung grüner und blauer Malerfarben, zur Darstellung von Kupfer (Cämentkupfer) u. s. w.

Bemerkenswerth ist das Vorkommen eines klinorhombischen braunen Sulfates, $2 CuO \cdot SO_3$ ohne Wasser, durch Fumarolen des Vesuv gebildet, welches von A. Scacchi Dolerophan genannt wurde, in Wasser löslich ist und eine blaue Solution giebt.

Säugethiere

von

Dr. Friedr. Rolle.

Die Säugethiere oder Mammalien, *Mammalia*, stellen unzweifelhaft die am höchsten stehende Klasse der Wirbelthiere dar und gipfeln im Menschen, der sich unmittelbar an die schmalnasigen Affen der alten Welt, *Catarhinae*, anschliesst, unter ihnen sicherlich seine nächsten Verwandten findet und daher wahrscheinlich auch von einer ihrer älteren Formen abstammt.

Die weitaus grössere Anzahl der Säugethiere sind fünffingerige oder fünfzehige, auch wohl in der Zehenzahl etwas weiter zurückgegangene luftathmende Landbewohner und alles, was wir von ihrer geologischen Geschichte wissen, deutet auch darauf hin, dass ihre frühesten Anfangsformen schon diese Charaktere trugen. Es giebt zwar auch wasserbewohnende Säugethiere von mehr oder minder fischförmiger Körpergestalt, aber sie sind gleichwohl echte Luftathmer und zeigen auch noch mehr oder minder deutliche Reste von fünf oder vier Zehen. Diese im Meere und in einigen Flüssen lebenden Säugethiere sind also keine aus der Urwelt überkommenen Anfangsformen, sondern dem Aufenthalte im Wasser angepasste mehr oder minder umgestaltete Abkömmlinge älterer Landbewohner, die ihren Aufenthalt wechselten.

Uebrigens ist unsere Kenntniss von den ersten Anfängen der Säugethier-Klasse zur Zeit noch sehr lückenhaft.

Im Gebiss präludiren den Säugethieren die Theriodonten des Reptilien-Sandsteins von Süd-Afrika (pag. 145 und 159), aber dies genügt noch nicht, eine Abstammung ersterer von letzteren zu erweisen. Es kann sich hier nur darum handeln, ob die Säugethiere von Amphibien oder von Reptilien herzuleiten sind und dabei kommt in erster Linie die Einlenkung des Hinterhauptes in den obersten Halswirbel oder Atlas in Betracht.

Bei Amphibien sowie bei Säugethieren zeigt das Hinterhauptsgelenk zwei deutliche, seitlich gelegene Gelenkköpfe *(condyli)*, denen auf der Vorderseite des obersten Halswirbels zwei Gruben oder Pfannen entsprechen. Aber bei Reptilien und Vögeln ist die Einlenkung monocondylisch, das Hinterhauptsbein besitzt in der Mediane einen einzigen Gelenkkopf. Man kann daher die Entstehung der Säugethiere nicht wohl auf Reptilien oder Vögel zurückführen, sondern ist auf ältere Amphibien oder auf Mittelformen zwischen Amphibien und Reptilien angewiesen. Diese können noch den doppelten Gelenkhöcker am Hinterhaupte gehabt haben, oder dieser Theil des Schädels war bei denselben überhaupt noch nicht verknöchert. Dass diese Anfangsformen der Säugethier-Klasse die Bezahnung der Theriodonten gehabt haben mögen, ist dann nicht unwahrscheinlich.

Die thatsächlich bis jetzt bekannt gewordenen ältesten Reste von Säugethieren beschränken sich auf ein paar zerstreute kleine Zähnchen und auf bezahnte Unterkiefer aus der oberen Trias, die an die heute lebenden insectivoren Beutelthiere zunächst erinnern. Von dieser Stufe an ist für Säugethier-Funde eine grosse Lücke in der geologischen Schichtenreihe. Der mittlere Jura von Stonesfield und der obere Jura von Purbeck in England liefern dann wieder eine Anzahl bezahnter Unterkiefer, die meist ebenfalls auf Beutelthiere deuten. Mit ihnen fand sich zu Stonesfield auch ein bezahntes Unterkieferstück von abweichendem Charakter, man glaubt das älteste Hufthier darin zu erkennen. Das Kreide-System hat bisher noch keinerlei Reste von Säugethieren geliefert, aber in dieser Epoche müssen schon mehrere andere Ordnungen dieser Klasse vom gemeinsamen Stocke sich abgezweigt haben, und sie reichen von da in die untersten Tertiärschichten.

Namentlich lieferte das untere Eocän von Nord-Amerika beiderseits der Rocky Mountains bereits eine sehr reichliche und überaus merkwürdige Fossilfauna mit Vertretern mehrerer Ordnungen der Säugethiere. Hier erscheint namentlich *Coryphodon,* ein unpaarzehiges Hufthier von primitiverem Charakter als alle seine sonst bekannten Verwandten und damals auch auf europäischem Boden vertreten. Mit ihnen erscheint *Eohippus,* nach O. C. MARSH die Stammform der Pferde, ferner Tillodonten, Carnivoren, Nager und primitive Formen der Lemuren (Prosimier).

In den nächsten Stufen des Tertiär-Systems wächst dann lebhaft die Zahl der Ordnungen, Familien und Gattungen. Namentlich treten hier die Wiederkäuer mit mehreren Familien zahlreich hervor, so mit Hirschen, kameelartigen Thieren u. s. w. Die Heimath dieser im Verlauf der tertiären Periode so reichlich hervortauchenden neuen Säugethierformen scheint meist die polare und circumpolare Region der nördlichen Halbkugel gewesen zu sein, bald die altweltliche, bald die amerikanische Seite. In der alten Welt zeigen sich zuerst die Mastodonten, Elephanten, Rinder u. s. w.; dafür scheint Nord-Amerika die Heimath der Edentaten und der kameelartigen Thiere zu sein. Die Sicherheit

dieser Heimaths-Feststellungen lässt übrigens in manchen Fällen noch viel zu wünschen übrig.

Die Bezahnung ist sehr wichtig für die Bestimmung der lebenden, doppelt wichtig für die der fossilen Säugethiere.

Gewöhnlich findet sich ein ausgeprägter Gegensatz von Schneidezähnen (dentes incisores), Eckzähnen (canini), Lückenzähnen oder falschen Backenzähnen (praemolares) und wahren Backenzähnen (molares). Bei ausgeprägten Raubthieren findet sich einer der Praemolare oder Molare zum Reisszahn oder Fleischzahn (sectorius) umgebildet. Uebrigens kommen noch mancherlei Abweichungen vor.*) Die Delphine führen zahlreiche gleichgestaltige, kegelförmige, zugespitzte Zähne, was an das Gebiss der Ichthyosauren erinnert. *Ornithorhynchus* und *Orycteropus* haben statt der Zähne faserige Hornplatten. *Myrmecophaga* und *Manis* sind ganz zahnlos.

Monophyodonten oder Säugethiere, welche keinen Zahnwechsel zeigen, sind die Delphine. Die grosse Mehrzahl der übrigen Säugethiere sind Diphyodonten. Sie haben einen mehr oder minder stark ausgesprochenen Zahnwechsel — ein Milchgebiss und ein Dauergebiss. Bei der Mehrzahl der Säugethiere und beim Menschen erscheinen für die ersten Lebensjahre die sogen. Milchzähne, *dentes decidui*. Sie sollen nicht für das ganze Leben ausreichen. Es ist nur ein vorläufiges Gebiss. Es ist auch noch nicht vollzählig, es begreift nur incisores, canini und praemolares. Das Milchgebiss wird später durch das Ersatzgebiss verdrängt, wobei der Kiefer mehr oder weniger sich streckt. Die Milchzähne sind den Ersatzzähnen in der allgemeinen Gestalt ähnlich, aber kleiner und schwächer. Wahre Backenzähne fehlen noch im Milchgebiss und erscheinen erst später mit der bleibenden Bezahnung. Uebrigens kommen auch mancherlei Abweichungen und Ausnahmen vor.

Der Zahnwechsel hat für die Paläontologie grosse Bedeutung. Wie L. Rütimeyer zeigte, entspricht das Milchgebiss bei manchen Säugethieren in auffallender Weise dem definitiven Gebiss von gewissen geologischen Vorläufern, die damit als wahre Stammformen derselben gekennzeichnet erscheinen. So wiederholt das Milchgebiss der lebenden Pferde die Formen des Dauergebisses von *Hipparion (Hippotherium)*.

Wir erkennen in der Klasse der Säugethiere drei Unterklassen, die zuerst Blainville (1816) richtig unterschied. Sie sind in der Jetztwelt sehr ungleich an Zahl vertreten und stehen dermalen in sehr weitem Abstand von einander.

I. Die Monotremen, *Monotremata*, [Kloakenthiere, Gabelthiere, *Amasta*, *Ornithodelphia*]. Sie haben noch mit Amphibien, Reptilien und Vögeln die Kloake gemeinsam, d. h. Darmkanal, Harnwerkzeuge und Geschlechtswerkzeuge besitzen nur einen einzigen Ausführungsgang. Nach neueren Ermittelungen (1884) sind sie Eierleger, was einige ältere Zoologen längst schon im Voraus vermuthet hatten.

II. Die Beutelthiere, *Marsupialia* oder Didelphen, *Didelphia*. Die Weibchen sind meist mit einer beutelförmigen Tasche (marsupium) an der Bauchseite versehen. Das junge Thier wird in noch sehr unausgebildeter Form ge-

*) Man hat zur besseren Uebersicht der Bezahnung der Säugethiere besondere Zahnformeln aufgestellt. So ist die des Menschen incis. $\frac{2}{2}$, can. $\frac{1}{1}$, praemol. $\frac{2}{2}$, mol. $\frac{3}{3}$, d. h. der Mensch hat jederseits im Kiefer oben und unten 2 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 2 Lückenzähne und 3 Backenzähne, zusammen 32. Die Zahnformel von *Coryphodon* ist i. $\frac{3}{3}$, c. $\frac{1}{1}$, p. $\frac{4}{4}$, m. $\frac{3}{3}$, zusammen 44, die von *Lophiodon* und *Tapirus* i. $\frac{3}{3}$, c. $\frac{1}{1}$, p. $\frac{4}{3}$, m. $\frac{3}{3}$, zusammen 42. Beim Elephanten ist sie beiläufig i. $\frac{1}{0}$, c. $\frac{0}{0}$, m. $\frac{3}{3}$.

boren. Die Mutter trägt ihre Jungen noch einige Zeit (Monate lang) nach der Geburt im Beutel umher, wo sie an der Zitze der Milchdrüse fest angesaugt hängen bleiben. Das Junge erreicht erst später jenen Grad der Ausbildung, den das der höheren Säugethiere gleich nach seiner Geburt besitzt.

III. Die Placentalien, *Placentalia* oder Monodelphen, *Monodelphia*, begreifen die grosse Mehrzahl der heute lebenden Säugethiere und den Menschen. Sie sind die höher organisirte Abtheilung. Sie sind durch die Ernährung des Embryo's aus einem Mutterkuchen (Placenta, Aderkuchen) ausgezeichnet.

Diese drei Unterklassen lassen sich auch als ebensoviele Ausdrücke besonderer Zeitalter der geologischen Geschichte der Säugethier-Klasse auffassen. Allerdings ist ein Zeitalter der Monotremen nur aus theoretischen Gründen anzunehmen. Es könnte etwa auf die permische und die Trias-Epoche sich erstreckt haben. Aber ein Zeitalter der Didelphen macht sich in der Jura-Epoche offenbar geltend. Endlich herrschen vom unteren Eocän an ebenso ausgesprochen die Placentalien, wenigstens über die nördliche Halbkugel. In Australien aber dauert das Zeitalter der Didelphen bis heute noch fort.

Wir beginnen mit den Monotremen. Diese Unterklasse weicht von den beiden höheren der Säugethierwelt noch in einer Anzahl tief gehender Charaktere ab. Sie ist lebend nur in zwei oder drei Gattungen in Australien, Tasmanien und Neu-Guinea vertreten.

Das Wasserschnabelthier, *Ornithorhynchus paradoxus*, bewohnt Australien. Es zeigt eine vogelschnabelartige Ausbildung der Kiefern, welche mit einer Verkümmeruug des Zahn-Systems verbunden ist. Es zeigt aber noch jederseits oben und unten im Kiefer zwei aus senkrechten Fasern bestehende Hornplatten ohne Wurzeln. Von diesen verkümmerten Zähnen ist der vordere schmal leistenförmig, der hintere breit. Das Landschnabelthier oder der Ameisenigel, *Echidna*, ist ganz zahnlos.

Allem Anschein nach sind diese Schnabelthiere der heutigen australischen Fauna nur die letzten verkümmerten (und sehr engen Lebensbedingungen angepassten) Ausläufer eines älteren ehedem normaler organisirten, namentlich aber stärker und reichlicher bezahnten Astes der Säugethier-Welt, welcher aus älteren Amphibien oder Reptilien hervorging. Die heutige Schnabelbildung und Zahnverkümmerung der letzten Monotremen-Arten ist offenbar kein primitiver Monotremen-Charakter, sondern beruht nur auf einer gelegentlichen Anpassung an veränderte Lebensverhältnisse. So tritt auch in ähnlicher Weise bei den Ameisenfressern der Edentaten-Ordnung ein zahnloser Rüssel auf; ferner gehen auch in der Klasse der Vögel die Zahnvögel den zahnlosen Schnabelvögeln voran. Die älteren Monotremen, muss man annehmen, hatten sicher ein wohlausgebildetes Gebiss und dieses kam wohl einerseits mit dem der Reptilien, zumal der Theriodonten, andererseits mit dem der Beutelthiere mehr oder minder überein.

Jedenfalls ist es wahrscheinlich, dass in der geologischen Zeitfolge Monotremen den Beutelthieren vorausgingen, und dass die ältesten Formen der ersteren noch ein voll bezahntes Gebiss besassen ähnlich dem der Beutelthiere, die aus ihnen hervorgingen. Soviel sagt uns die Umwandlungs-Theorie. Indessen beschränken sich die ältesten anzuführenden Funde, wie namentlich *Microlestes* und *Dromatherium*, auf vereinzelte Zähne und bezahnte Unterkiefern, aus denen man wohl auf eine insectivore Lebensweise schliessen kann, aber sie bieten keine Merkmale, nach denen man sie den Monotremen oder den Beutelthieren entscheidend zuzählen könnte. Die Thatsachen lassen uns hier also bis auf Weiteres im Stich.

Die wirklich fossil gefundenen Monotremen beschränken sich auf *Echidna*-Reste aus den jüngeren Ablagerungen von Neu-Holland. Die Art dürfte etwa um die Hälfte grösser als die heute lebende *Echidna hystria* gewesen sein.

Die Beutelthiere oder Didelphen, *Marsupialia*, nehmen im Allgemeinen eine mittlere Stellung zwischen Monotremen und Placentalien ein und aus ihnen sind letztere allem Anschein nach hervorgegangen, sei es nun mit einer oder einigen Abzweigungen.

Einige Merkmale des Skeletts zeichnen sie aus. Meist dient zur Stütze der Bruttasche jederseits ein eigener Knochen, der Marsupialknochen, *os marsupiale*, der an der Vorderseite des Beckens befestigt ist (oft auch nur als platter Knochen einer Sehne entwickelt). Dazu kommt meist ein eigenthümlicher, hackenförmiger wagrecht gestellter Knochenfortsatz, welcher vom Winkel des Unterkiefers nach innen vorspringt (der Hackenfortsatz). Diese beiden an sich wenig eingreifenden Merkmale leisten doch oft bei Beurtheilung fossiler Funde ihre guten Dienste.

Die Bezahnung der Beutelthiere ändert sehr ab. Man erkennt an ihr oft den Charakter der Insectivoren, in anderen Fällen mehr den der Nager oder der Hufthiere oder den der Raubthiere.

Die ganze Abtheilung der Beutelthiere spielt in der geologischen Geschichte, sowie auch nach ihrer heutigen geographischen Verbreitung eine sehr hervortretende Rolle, namentlich während der Jura-Epoche.

Von den ältesten fossil nachgewiesenen Säugethieren — *Microlestes antiquus* PLIEN. (Backenzahn aus dem Bonebed an der Grenze von Keuper und Lias bei Stuttgart) — und *Dromatherium sylvestre* EM. (Unterkiefer mit Zähnen aus einer Kohlenbildung des Keupers von Nordcarolina) kann man entweder annehmen, dass sie Beutelthiere waren oder mit E. HÄCKEL vermuthen, dass sie einer primitiveren bezahnten Form der Monotremen angehörten.

Anders ist es schon im Jura-System. Hier wächst die Mannigfaltigkeit der Formen der Beutelthiere, obschon man deren erst aus wenigen Oertlichkeiten, namentlich nur aus dem mittleren Jura (great oolite von Stonesfield) und aus dem oberen Jura (Purbeck) und einige neue Funde aus dem oberen Jura von Nord-Amerika kennt. Vergleiche *Amphitherium*, *Amphilestes*, *Phascolotherium*, *Spalacotherium*, *Triconodon* u. s. w. im Art. Jura II, pag. 167. Es sind meist Insectivoren von geringer Grösse. *Plagiaulax* gilt nach längerem Zweifel jetzt für einen Nager. Endlich in *Stereognathus* vermeint man das älteste Hufthier zu erkennen. Aber alle diese jurassischen Formen dürften als Beutelthiere — von insectivorem oder von herbivorem Gepräge — zu betrachten sein, *Stereognathus* vielleicht als ein Beutelhufthier.

Was während der Kreide-Epoche vor sich ging, kennen wir nur hypothetisch (Art. Kreide-System II, pag. 210). Mit Beginn der Tertiär-Periode tritt ein starker Umschlag ein. Die placentalen Säugethiere erscheinen nunmehr zahlreich und gebietend in den Vordergrund getreten, unter ihnen auch noch einige Formen wie *Arctocyon* und *Coryphodon* von mehr oder minder ausgesprochener Verwandtschaft mit den Beutelthieren zum Beweis einer Abstammung der höheren Säugethiere von den letzteren. Die Beutelthiere zeigen sich gleichzeitig auf europäischem Boden nur noch durch einige wenige *Didelphys*-Arten vertreten und diese erlöschen dann auch bald für dieses Gebiet. Diese letzten europäischen Beutelthiere gehören dem heutigen amerikanischen Zweig der Abtheilung an — den Didelphyiden, deren Arten heute im warmen Theile von Amerika vorkommen und bis Florida und Virginien hinaufreichen. Dies ist insofern bedeutsam, als

die im Jura von England und Nord-Amerika vertretenen Beutelthier-Gattungen an heutige australische Formen vorzugsweise sich anschliessen.

Was während der Tertiär-Periode in Australien vor sich ging, ist uns wieder unbekannt. Wahrscheinlich hatte es eine Bevölkerung von Beutelthieren, die noch vor der Entstehung der Placentalien hier ihren Einzug hielt und bald darnach durch Abtrennung des Festlandes vereinzelt wurde und sich solcher Maassen bis auf heute fristete. Aber in den quartären oder diluvialen Ablagerungen von Australien erscheinen die Beutelthiere in zahlreichen Resten und in mehreren Ordnungen, Insectivoren, Nagern, Herbivoren und Carnivoren vertreten, einige Arten auch in ungewöhnlicher Grösse entwickelt. Vergl. Art. Quartär-System, pag. 114. Die Abnahme der Grösse in mehreren Gattungen derselben ist wohl die Folge einer seither eingetretenen Verringerung der Vegetation in Australien.

Man kann die Beutelthiere in zwei Unterordnungen abtheilen, in fleischfressende, *Marsupialia carnivora* s. Zoophaga und pflanzenfressende, *Marsupialia phytiphaga* s. botanophaga. Erstere haben im Allgemeinen einen stärkeren Eckzahn und überhaupt ein insectivores oder carnivores Gebiss.

Wir beginnen mit den fleischfressenden Beutelthieren. Hierher gehören die Familien *Myrmecobiidae, Didelphyidae, Dasyuridae* u. a.

Die Fam. *Myrmecobiidae (Cantharophaga)* mit der Gattung *Myrmecobius*, Ameisenbeutler, in Vandiemensland, begreift kleine Thiere von der Grösse eines Eichhörnchens. Das Gebiss ist von insectivorem Typus und führt zahlreiche kleine Zähnchen. Backenzähne scharfspitzig. Hier kommt die grösste Zahl der Zähne unter lebenden Beutelthieren vor, es sind zusammen 52.

Den Myrmecobiiden schliesst man, soweit man aus unvollständigen Resten — Unterkiefern und Zähnen — entnehmen kann, eine Anzahl älterer Gattungen an, wie namentlich *Dromatherium* aus dem Keuper von Nord-Carolina, *Amphitherium (Thylacotherium)* aus dem Oolith von Stonesfield, *Amphilestes* ebendaher, *Phascolotherium* ebendaher, *Spalacotherium* aus dem oberen Jura von Purbeck, *Triconodon* ebendaher u. a. m. Es sind meist nur kleine Thiere, gewöhnlich von der Grösse einer Ratte. Von ihnen übertrifft *Amphitherium Prevosti* Ow. die lebenden Myrmecobier noch an Zahl der Zähne. Es kommen hier auf jede Unterkieferhälfte 16 Zähne, nämlich 3 Schneidezähne, ein etwas grösserer Eckzahn, 6 Prämolare oder Lückenzähne und 6 wahre Backenzähne oder Molare. Vergl. II, pag. 167.

Die Fam. der Didelphyiden, *Didelphyidae (Pedimana)* mit den Gattungen *Didelphys* und *Chironectes* begreift eine Anzahl kleiner amerikanischer Raubthiere, etwa 20 Arten, mit carnivorem Gebiss und grosser Anzahl der Zähne. Es sind deren zusammen 50, also nur zwei weniger als bei *Myrmecobius*. Darunter 4 Molaren und 5 Incisiven. Das Gebiss erweist die Didelphyiden als einen sehr alten Zweig der Marsupialien. Aber sie präludiren in ihrer Fussbildung schon den Lemuren und den Affen. An ihren Hinterfüssen kann nämlich der Daumen unmittelbar den vier übrigen Zehen (wie bei einer Hand) entgegengesetzt werden.

Die Didelphyiden bewohnen heute die tropischen und warmen Gebiete von Süd-Amerika und reichen in Nord bis Florida und Virginien. Fossil finden sie sich im oberen Eocän (oder unteren Oligocän) von Europa, nämlich im Gyps des Montmartre bei Paris und im Phosphorit von Frankreich. *Didelphys Cuvieri* Mey. vom Montmartre ist vertreten durch Unterkiefer mit Zähnen, sowie das Becken mit den beiden Marsupialknochen. Das Thier hatte die Grösse einer

Ratte. In Amerika kennt man *Didelphys*-Reste fossil nur aus den Knochenhöhlen von Brasilien und aus ebenfalls sehr jungen Bodenschichten von Nord-Amerika. In der australischen Fauna fehlen die Didelphyiden vollständig. Man darf nach diesem Allen wohl annehmen, dass Europa die Heimath der Didelphyiden ist, dass sie aber um die Mitte der Tertiärperiode hier erloschen und seither über Asien nach Amerika einwanderten, wo sie jetzt im warmen Süden allein noch fortleben.

Die Familie *Dasyuridae* mit den Gattungen *Dasyurus* und *Thylacinus* begreift Beutelraubthiere mit Reisszähnen.

Dasyurus, der Beutelmarder, *D. ursinus*, bewohnt die Insel Tasmanien, stellt kleineren Säugethieren nach und macht sich durch Räuberei lästig. Es ist ein Thier von der Grösse eines Dachses, das Gebiss ist dem von Didelphys ähnlich. *D. laniarius* Owen fand sich fossil in Knochenhöhlen des Wellingtonthales und war grösser als die heute lebende Art.

Thylacinus, der Beutelhund, lebt nur noch in einer Art *Th. cynocephalus* auf der Insel Tasmanien und erreicht die Grösse eines Wolfes. Er ist ein verhasstes Raubthier, übrigens auch schon fast ausgerottet. *Th. spelaeus* Owen findet sich fossil in Knochenhöhlen des Wellingtonthales in Australien, einem Gebiet, in welchem die Gattung jetzt erloschen ist.

Hier schliessen wir die merkwürdige Gattung *Thylacoleo*, Beutellöwe, an. Er ist nach R. Owen ein Beutelraubthier, nach E. Haeckel der Typus einer Familie *Thylacoleonidae*. *Thylacoleo carnifex* Owen aus einer sehr jungen Schicht von Australien war ein Thier mindestens von der Grösse eines Löwen. Man kennt den Schädel nebst Stücken des Unterkiefers. Im Gebiss steht ein mächtig entwickelter Reisszahn *(sectorius, carnassial tooth)* im Vordergrund, er hat über zwei Zoll (5 Centim.) Länge. Dahinter fanden sich im Oberkiefer ein, im Unterkiefer zwei kleine Höckerzähne. Uebrigens hat Owen's Deutung von *Thylacoleo* manchen Widerspruch hervorgerufen.

Die pflanzenfressenden Beutelthiere haben kleine Eckzähne und lassen sich nach dem Typus des Gebisses theils den Nagethieren, theils den Hufthieren vergleichen. Wichtige Vertreter sind das Känguru, *Halmaturus* und der Wombat, *Phascolomys*. Alle lebenden Arten sind Australier.

Die Familie *Phascolomyidae* begreift pflanzenfressende Beutelthiere vom Typus der Nagethiere mit Grabfüssen und kurzen Beinen. *Phascolomys ursina*, der Wombat, ist ein Thier von der Grösse eines Dachses und lebt in Erdhöhlen im Süden von Australien. Das Gebiss zeigt oben und unten zwei breite meiselartig zugeschärfte Schneidezähne. Eckzähne fehlen, eine grosse Zahnlücke erscheint statt deren. Backenzähne breitkronig und in die Quere eingeschnürt. Mehrere Arten erscheinen fossil in Knochenhöhlen und jugendlichen Bodenschichten Australiens. Von ihnen erreichte *Phascolomys gigas* die Grösse des Tapirs.

Plagiaulax (Familie *Plagiaulacidae)* ist ein Beutelnagethier aus dem oberen Jura von Purbeck. Man kennt bezahnte Unterkiefer von zwei Arten, *P. Becklesii* und *P. minor* Falc., R. Owen hielt sie für Fleischfresser. Der Unterkiefer ist kurz und gedrungen. Vorn steht ein langer und kräftiger Schneidezahn hervor, ähnlich wie beim Wombat, man hat ihn aber auch schon für einen Eckzahn gehalten. Prämolare und Molare zusammen 6. Die drei vorderen haben zusammengedrückte schneidige Kronen und sie nehmen von 1 bis 4 rasch zu. Diese vorderen Backenzähne erscheinen durch schräge Lamellen gestreift, 5 und

6 sind klein und höckerig. Die meisten neueren Paläontologen sehen in *Plagiaulax* einen Pflanzenfresser vom Nagertypus.

Andere lebende und erloschene Beutelthiere tragen mehr oder minder das Gepräge der Hufthiere.

An ihrer Spitze steht dem geologischen Alter nach *Stereognathus oolithicus* Ow. aus dem Kalkschiefer des mittleren Jura von Stonesfield. Man kennt nur ein Unterkiefer-Stück mit 3 Molaren. Die Krone derselben ist quadratisch und sechshöckerig mit drei Paar fast gleichen Höckern oder Zacken. Sie sind mit zwei oder mehr Wurzeln im Unterkiefer befestigt. Das Thier war klein. R. Owen vermuthet darin ein Hufthier von herbivorer oder omnivorer Lebensweise. Es wird aber wohl der marsupialen Unterklasse angehört haben.

Den Hufthieren entsprechende Beutelthiere jüngerer und heutiger Epoche begreift die Familie der Känguru's, *Halmaturidae, Macropoda.* Es sind behende Springer mit sehr verkürzten Vorderbeinen, verlängerten Hinterbeinen und starkem Schwanz, welcher sie beim Sprung unterstützt. Sie bewohnen Australien, fressen Gras und Kräuter und springen in grossen Sätzen. Ihr Gebiss erinnert an das der Hufthiere, einerseits das der Pferde, andrerseits das der Tapire und Lophiodonten. Die 4—5 würfelförmigen Backenzähne haben stumpfhöckerige Kronen mit zwei Querhügeln, ähnlich wie beim Tapir und seinen Verwandten. Hierher gehört namentlich *Macropus giganteus* Shaw *(Halmaturus giganteus* Schreb.), das lebende Riesen-Känguru, das grösste Säugethier in Australien. (Körperlänge 1½, Schwanz 1, zusammen 2½ Meter.) Daran schliesst sich auch eine in quartären Schichten desselben Gebiets fossile Art *Macropus Titan* Ow. Sie wurde noch beträchtlich grösser als die eben erwähnte grösste lebende Art.

An die Macropoden schliesst sich die erloschene, in Quartär-Schichten von Australien fossil vorkommende Gruppe der Barypoden, *Barypoda*, an. Sie ist durch riesenhafte Formen in zwei Gattungen, *Diprotodon* und *Nototherium*, die man als Typen zweier Familien betrachten darf, vertreten. Sie haben ebenfalls Backenzähne mit je zwei Querhügeln ähnlich wie die des Tapir.

Diprotodon australis Ow. aus den Darling-Downs (S. O. Australien) war ein grosses pflanzenfressendes, hufthierartiges Beutelthier, das an Grösse und an Wucht des Knochenbaues zwischen Nashorn und Flusspferd stand. Der vollständig erhaltene Schädel erreicht einen Meter Länge. Der Oberschenkel gleicht dem der Mastodonten. Die Vordergliedmaassen lassen die Beweglichkeit von ulna und radius erkennen, was auf Analogie in der Lebensweise mit den amerikanischen Megatherien deutet. Mächtige meiselförmige Schneidezähne, ähnlich denen des Wombat erweisen, dass das Thier schwächere Bäume und Aeste zerbeissen konnte, um das Laubwerk zu erreichen. Dazu kommt noch ein Prämolar und vier Molare, die denen des Tapir ähnlich sind.

Nototherium Mitchelli Ow. war ein ähnliches hufthierartiges Beutelthier, das Gebiss kam sehr mit dem von *Diprotodon* überein. Backenzähne ebenfalls mit Querjochen versehen. Schädel 46½ Centim. lang und 40½ Centim. breit. Die grosse Breite wurde durch die sehr stark entwickelten Jochbogen hervorgerufen. An Grösse stand *Nototherium* dem *Diprotodon* nur wenig nach.

Wir gehen jetzt über zur dritten Unterklasse der Säugethiere, den Placentalien, *Placentalia* oder Monodelphen, *Monodelphia*. Vergl. pag. 191.

Sie sind die am höchsten organisirte Abtheilung und begreifen als höchstes Glied auch den Menschen — die »Krone der Schöpfung«. Namentlich ist ihr Gehirn meist höher ausgebildet als das der Beutelthiere.

Hierher gehören die grosse Mehrzahl der heute lebenden, sowie auch der bis jetzt bekannt gewordenen fossilen Säugethiere. Sie herrschen ausgesprochener Maassen vom unteren Eocän an, wenigstens über Europa, Asien und Nord-Amerika. Australien blieb ihnen fast ganz verschlossen.

Sie zerfallen in eine grössere Anzahl von Ordnungen, die sich wie in der Lebensweise, so namentlich auch im Gebiss und in den Gliedmaassen von einander unterscheiden, auch fischartige Umprägungen darstellen. Zu einer durchgreifenden natürlichen Anordnung derselben ist noch nicht die Zeit gekommen. Die placentalen Säugethiere sind nämlich allem Anschein nach zur Zeit der Ablagerung der Kreide-Formation — jedenfalls schon lange vor dem unteren Eocän — aus Beutelthieren hervorgegangen, sei es nun aus einem oder aus mehreren Zweigen des Didelphen-Stammes. Das letztere scheint fast wahrscheinlich. Näheres darüber ist zur Zeit noch nicht zu ermitteln, da aus der Kreide-Epoche über die Landthier-Bevölkerung der Erde überhaupt wenig bekannt geworden ist — und Reste von Säugethieren von der Purbeck-Zone an bis zu den tiefsten Eocän-Schichten nicht fossil gefunden worden sind. Wir wissen daher nicht, ob die *Placentalia* einzeln nach Ordnungen aus bereits entsprechend differenzirten Marsupialien-Gruppen hervorgegangen sind oder ob nur eine einzige Vermittlung zwischen den beiden Unterklassen stattgefunden hat. Für ersteres entscheiden wir uns vorläufig.

Eine Anzahl der ältesten bekannten Placental-Thiere, namentlich Hufthiere und Raubthiere, haben für das Viertel der Bezahnung $3+1+4+3=11$, zusammen 44 gemeinsam. Vergl. pag. 190. Vielleicht ist dies für die betreffenden Formen eine Andeutung engerer Stammverwandtschaft. Solche ältere Gattungen mit 44 Zähnen sind z. B. von Hufthieren *Coryphodon*, *Palaeotherium*, *Anchitherium*, *Anoplotherium*, von Raubthieren *Arctocyon*, *Pterodon* u. a.

Wir unterscheiden bei den placentalen Säugethieren die Ordnung der Hufthiere *(Ungulata)* — der Sirenien *(Sirenia)* — Rüsselthiere *(Proboscidea)* — Edentaten *(Edentata)* — Carnivoren *(Carnivora)* — Pinnipedier *(Pinnipedia)* — Wale *(Cetacea)* — Insectivoren *(Insectivora)* — der Fledermäuse *(Chiroptera)* — Nager *Rodentia)* — Prosimier *(Prosimiae)* und Affen *(Simiae)*.

Eine der umfangreichsten und primitivsten Ordnungen der placentalen Säugethiere sind die Hufthiere, *Ungulata* mit den Tapiren, Pferden, Schweinen und Wiederkäuern. Sie sind mit ihren primitiveren Formen schon in der Eocän-Epoche in grosser Mannigfaltigkeit vertreten und nehmen von da an bis zur Jetztwelt theils wieder ab, wie die Tapire und Pferde, theils sind sie, wie namentlich die Wiederkäuer, in reichlichem Anwachsen begriffen.

Gemeinsam ist ihnen die Umbildung der ursprünglichen Krallen oder Nägel zu Hufen. Die Hornbekleidung ihrer Zehen ist breit und vorn stumpf. Sie umgiebt die Zehe, schützt auch ihre Unterseite. Dies ist der Huf, *ungula*. Die letzte Zehen-Phalange ist verbreitert und heisst Hufbein.

Die am frühesten fossil erscheinenden Hufthiere — wie *Coryphodon* — zeigen erstlich noch die volle Zehenzahl = 5 und zweitens noch ein reichhaltiges oder sogen. vollständiges Gebiss, 44 Zähne — von omnivorem Charakter, der auf gemischte Nahrung deutet. Bei den lebenden Hufthieren ist die Zahnzahl mehr oder minder verringert. Ein Schlüsselbein fehlt.

Die Hufthiere zerfallen naturgemäss in zwei Unterordnungen.

1. Unpaarzeher, *Perissodactyla, Imparidigitata*. Eine Zehe, die Mittelzehe, erscheint als Hauptträger der Extremität. Die Zehenzahl ist 5, 4, 3 oder 1.

2. Paarzeher, *Artiodactyla, Paridigitata.* Zwei Zehen erscheinen als Hauptträger. Zehenzahl 4, 3 oder 2. (*perissos,* ungerade; *artios,* gerade von Zahlen).

Die Unterscheidung von Dickhäutern oder Pachydermen, *Pachydermata* (Vielhufern, *Multungula)* ist veraltet. Sie begriffen die Hippopotamen, Schweine, Tapire, Rhinoceroten und Elephanten.

Die Unterordnung der Unpaarzeher *Perissodactyla,* begreift Ungulaten, bei denen die mittlere, also dritte Zehe des Fusses stärker als die übrigen entwickelt ist. Sie bildet hier den Hauptträger der Last. Dahin gehören von erloschenen Formen die Coryphodonten, Paläotherien u. s. w., von lebenden die Tapire, Nashörner und Pferde.

Primitiv ist für sie die Vollzahl der Zehen = 5. So bei *Coryphodon.* Bei den verschiedenen jüngeren Formen aber ist eine Verringerung der Zehenzahl eingetreten. Dies geht bei den Pferden bis zur einzehigen Form.

Die Unpaarzeher beginnen im unteren Eocän und hier schon bestimmt getrennt von den Paarzehern, die man als von ihnen ausgegangen betrachten muss. Die ältesten bekannten Vertreter der Unpaarzeher, wie namentlich die Coryphodonten in Europa und Nord-Amerika sind die primitivsten aller Hufthiere. Sie gingen wahrscheinlich — um die Kreide-Epoche — aus herbivoren Marsupialien hervor, die Füsse mit 5 Zehen besassen und noch manche andere Züge mit primitiven Reptilien gemeinsam hatten.

Wir betrachten von den Unpaarzehern die Familien *Coryphodontidae, Tapiridae, Rhinocerotidae, Palaeotheridae* und *Equidae.*

Die Familie der Coryphodontiden, *Coryphodontidae,* begreift die primitivsten aller Hufthiere aus dem unteren Eocän. Schädelkapsel und Gehirn sind klein und erinnern an jene der Reptilien. Die Füsse sind kurz und fünfzehig. Die letzten Phalangen sind echte verbreiterte Hufbeine. Das Gebiss ist vollständig mit 44 Zähnen und deutet auf omnivore Lebensweise (gemischte Nahrung). Die Unterkieferzähne tragen wie beim Tapir Querjoche, die in Spitzen auslaufen.

Nur eine einzige Gattung bekannt, *Coryphodon* Ow., Arten bis zur Grösse des Nashorns. Vorkommen im unteren Eocän (Wahsatch-group) von Nord-Amerika, auch in der gleichen Formation in Europa. *C. eocaenus* Ow. findet sich im unteren Eocän des Pariser Beckens (sables du Soissonnais) und im unteren London-Thon.

Die nächste Familie der Unpaarzeher ist die der Tapiriden, *Tapiridae* mit den Gattungen *Lophiodon, Hyrachyus, Tapirus* u. a. Sie gehen von *Coryphodon* aus, aber es sind schon bezeichnende Umbildungen eingetreten. Sie haben vorn nur noch vier und hinten drei Zehen. Das Gebiss ist schon nicht mehr vollständig, die Zahl der Zähne ist nur noch 42. (Im Unterkiefer ist je ein Prämolar verloren gegangen.) Die oberen Molare tragen zwei Querjoche, die gegen aussen durch einen queren Wall verbunden sind. Untere Molare nur mit zwei geraden Querjochen.

Lophiodon erscheint mit mehreren Arten im mittleren und oberen Eocän von Europa, namentlich in Schichten des Pariser Beckens. Tracht und Lebensweise waren die des heutigen Tapir, der als deren Abkömmling gelten kann.

Tapirus, der Tapir, lebt noch in 2 oder 3 nahe verwandten Arten, die feuchte Waldungen bewohnen, *Tapirus indicus* in Süd-Asien (Malakka, Sumatra) *Tap. americanus* in Guiana und dem heissen Brasilien, *T. andicola* in den Anden der Tropen. Der amerikanische Tapir mit seinem Begleiter ist auf amerikanischem Boden wahrscheinlich ein Einwanderer aus der alten Welt, dessen Vorfahren

einst — zusammen mit Mastodonten und Elephanten — über die arktische Festlandverbindung an der Stelle der heutigen Berings-Strasse aus Sibirien nach Amerika übersetzten. Oder die Gattung ist überhaupt arktisch und strahlte aus der Polarregion zugleich nach Europa, Asien und Amerika aus. In Nord-Amerika findet sich der Tapir erst im oberen Pliocän-fossil und erhält sich in das Pleistocän fort. Jetzt erscheint er in Nord-Amerika nicht mehr und fehlt auch in Mexiko. In Europa zeigt er sich fossil im Miocän, ferner im Pliocän. Mit dem oberen Pliocän und der wachsenden Abkühlung des Klimas der nördlichen Halbkugel verschwindet er aus Europa. *Tapirus arvernensis* Cröiz ist hier die letzte Art. Er fehlt schon im Forest-bed (unteres Pleistocän) von England und Frankreich. Der Tapir überhaupt ist in der heutigen Säugethierwelt eine der alterthümlichsten Formen.

Die Familie der Nashörner, *Rhinocerotidae*, scheint ebenfalls von *Coryphodon* und *Lophiodon* sich herzuleiten oder überhaupt von tapirartigen Vorfahren. Das Gebiss besteht bei den ausgebildeten Formen höchstens aus 36 Zähnen. Schneidezähne oben und unten jederseits zwei, bisweilen mit dem Alter ausfallend. Keine Eckzähne. Obere Molare nahezu quadratisch, mit schrägen Querjochen, welche aussen durch eine Wand verbunden erscheinen (also tapirartig). Die unteren Molare bestehen aus zwei halbmondförmig gekrümmten Querjochen.

Die Nashörner sind grosse und plumpe dickhäutige Hufthiere, mit langem Kopf und schiefer Stirnfläche. Lebend kennt man von der Gattung *Rhinoceros* mehrere Arten, in der tropischen und warmen Zone von Asien, (Ostindien, Java, Sumatra) und Afrika, es sind waldbewohnende Pflanzenfresser. Diese lebenden und eine Anzahl jüngerer tertiärer eigentlicher Nashörner, tragen in der Mediane des stark gewölbten Nasenbeins ein oder zwei spitze gekrümmte Hörner. Diese sind faserig und gehören dem Hautsysteme an. Das Nasenbein ist an ihrer Ansatzstelle rauh. Jeder Fuss hat drei Zehen, von diesen wird jede von einem breiten Hufe umfasst.

In Europa beginnen die Nashörner mit einem oder zwei Hörnern im Obermiocän und verschwinden aus diesem Gebiet und aus Sibirien mit Ende der Glacialzeit und zum Theil unter der Hand des Menschen. Die letzten dieser Arten sind *Rhinoceros tichorhinus* Cuv. (pag. 110) und *Rh. Merckii* Jaeg. im gefrorenen Boden von Sibirien. Beide Arten trugen eine starke Haarbedeckung und konnten einen ziemlich kalten Winter vertragen.

Den eigentlichen Nashörnern geht die Gattung *Aceratherium* voraus. Sie begreift sehr ähnliche Thiere, nur trägt ihre Nase noch kein Horn und ihre Schneidezähne sind noch deutlich. Arten im Miocän und im Pliocän von Europa. *Acerath. incisivum* im unteren Pliocän von Eppelsheim.

Nach O. C. Marsh erscheint *Aceratherium* auch im Miocän und Pliocän von Nord-Amerika. Diese Gattung erlosch aber mit Ende der Pliocän-Epoche für das amerikanische Gebiet.

Derselbe Forscher leitet die Aceratherien von *Amynodon* her, einem gleichfalls hornlosen Unpaarzeher aus dem oberen Eocän von Nord-Amerika, der vier Zehen vorn, drei hinten besitzt. Darnach würde die Rhinocerotiden-Familie nordamerikanischen Ursprunges und im Miocän nach Europa gelangt sein.

Die Familie der Paläotheriden, *Palaeotheridae*, mit der Gattung *Palaeotherium* hat noch ein vollständiges Gebiss mit stark hervorragenden Eckzähnen. Füsse vorn und hinten mit je drei Zehen.

Die Gattung *Palaeotherium* begreift tapirähnliche Thiere des oberen Eocän

(unteren Oligocän), sie finden sich besonders im Gyps von Paris und im Bohnerz der Alb (Frohnstetten u. a. O.) und waren wohl Bewohner feuchter Waldungen. Tapirähnlich ist der Schädel und besonders die Bildung der Nasenöffnung, sie deutet auf Thiere mit ebenfalls rüsselartig verlängerter Schnauze. Von den 44 Zähnen sind die Schneidezähne und Eckzähne auch noch denen des Tapir ähnlich, auch die oberen Molare mit ihren Querjochen. Der Bau der unteren Backenzähne erinnert dagegen an die der Nashörner.

Pal. magnum CUV. aus dem Pariser Gyps, erreichte die Grösse eines Pferdes. *Pal. medium* CUV. stellte einen schlanken Tapir dar. *Pal. minus* erreichte noch nicht die Grösse eines Rehes.

Die Familie der Equiden, *Equidae* oder Einhufer, *Solidungula*, begreift hochbeinige und behende Grasfresser, welche heerdenweise in grasigen Ebenen leben.

Bei den geologisch älteren Vertretern der Familie stehen neben der starken Mittelzehe noch je eine kleinere, ebenfalls behufte Nebenzehe, die wenig oder gar nicht den Boden berührt zu haben scheint. Weiter umgestaltet ist der Fuss bei den geologisch jüngeren und den heute noch lebenden Pferden. Die Mittelzehe ist hier an jedem Fusse die einzige in Verrichtung tretende Zehe. Die Seitenzehen sind vollständig geschwunden. Hier haben sich nur noch zwei verkümmerte Metatarsalknochen erhalten. Dies sind die sogenannten Griffelbeine.

Dass hier im Verlauf der Stammesfolgen wirklich eine Umgestaltung des Fusses von der dreizehigen in die einzehige Form statt hatte, bestätigt noch der merkwürdige Umstand, dass bei unserem Pferde noch bisweilen durch Rückschlag zu älteren Stammesstufen (atavistische Monstrosität) mehrere Zehen am Fusse erscheinen. PLINIUS weiss schon davon zu erzählen. Dabei erscheinen zehentragende Griffelbeine stets nur an den Vorderfüssen. Wie es scheint, sind es auch fast stets die inneren Griffelbeine. (R. F. HENSEL) GEOFFROY ST. HILAIRE beschrieb übrigens ein Pferd mit drei Zehen an den Vorderfüssen, d. h. mit zwei zehentragenden Griffelbeinen.

Anchitherium aus den mittleren Tertiärschichten von Europa begreift paläotherienähnliche Equiden, die sich unmittelbar aus Paläotherien abgezweigt zu haben scheinen. Die Seitenzehen sind noch ziemlich stark. Das Gebiss ist noch vollständig — mit 44 Zähnen — und dem der Paläotherien ähnlich. Doch ist der erste Prämolar schon sehr klein geworden. Die Molare stehen in der Mitte zwischen denen der Paläotherien und denen der Hipparione, namentlich in der Gestaltung der Kaufläche. Doch fehlt ihnen noch die Einlagerung der Cämentschichte, die bei den Hipparionen auf der Krone der Backenzähne erscheint.

Hipparion CHRISTOL (*Hippotherium* KAUP) begreift Equiden, deren Seitenzehen noch um etwas mehr als bei *Anchitherium* zurückgegangen sind. Auch das Gebiss hat sich weiter umgestaltet und gleicht schon mehr dem der Pferde, von welchem es die seltsam verzogenen Schmelzfältchen der Molare unterscheiden. Die Molare sind prismatisch, wie die der Pferde. Aber das Schmelzblech ist zierlich gefaltet und zeigt an der inneren Zahnseite eine freie Schmelznadel oder sogen. Schmelzinsel, wogegen an derselben Stelle beim Pferd eine Schmelzfalte oder Halbinsel erscheint. Die Einstülpungen der Schmelzlage der Krone sind mit Cäment ausgefüllt. *Hipparion*-Arten finden sich im oberen Miocän und unteren Pliocän von Europa, so zu Eppelsheim in Rheinhessen, Cucuron (Dept. Vaucluse) und Pikermi bei Athen.

Equus L., das Pferd, hat einzehige Füsse, deren dritte Phalange, das Hufbein, einen starken Huf trägt. Daneben findet sich noch je ein schmächtiges

Metatarsalbein. Dies ist das sogen. Griffelbein. Von ihnen entspricht das eine der zweiten, das andere der vierten Zehe. Das Gebiss ist sehr an Zahl der Zähne zurückgegangen. Eckzähne fehlen den Weibchen gewöhnlich, bisweilen auch bei Männchen. Der erste Praemolar findet sich gewöhnlich nur im Milchgebiss, bleibt aber zuweilen auch noch neben der zweiten Bezahnung, sodass dann wieder 7 Backenzähne in jedem Kieferast stehen. Die Molare sind lange, vierseitige Prismen von Dentine mit einem Schmelzüberzuge und darüber abgesetztem Cement oder Zahnkitt. Die Cement-Entwicklung zwischen den vortretenden Schmelzfalten ist stark. Wie L. RÜTIMEYER zeigte, wiederholt das Milchgebiss der lebenden Pferde die Formen des Dauergebisses von *Hipparion*, was für die Abkunft des Pferdes von *Hipparion* sprechen würde.

Wenn das Pferd in der angedeuteten Weise durch die Anchitherien und Hipparionen von dreizehigen Paläotherien abstammt, welche letztere man für Bewohner sumpfiger Waldungen hält, so bestand der Vortheil der Umgestaltung für das Pferd in der grösseren Festigkeit des Fusses und dem behenderen Lauf über trockene Ebenen.

Equus-Arten finden sich in den pliocänen und den diluvialen Ablagerungen von Europa — wie es scheint, in einigen Arten. *Equus caballus* erscheint als Einwanderer in Europa zusammen mit dem Mammuth — zuerst im Forest-bed von England und Frankreich, und war lange Zeit das Hauptwild der ältesten Jagdvölker von Mittel-Europa. Andere *Equus*-Arten erscheinen in Nord-Amerika mit der Pliocän-Epoche und ihre Abkömmlinge verbreiteten sich nachmals auch über Süd-Amerika. Die einen wie die anderen sind noch in der Quartär-Epoche daselbst erloschen und *Equus caballus* wurde erst von CHR. COLUMBUS und F. CORTEZ in Amerika eingeführt (vergl. pag. 112).

Während europäische Paläontologen die zeitliche Stufenfolge *Palaeotherium*, *Anchitherium*, *Hipparion* und *Equus* als Entwicklungsreihe deuteten, gelang es O. C. MARSH aus den an Säugethier-Resten reichen Tertiärablagerungen beiderseits der Rocky mountains in Nord-Amerika eine noch vollständigere Reihe von pferdeartigen Thieren darzulegen, die nicht mit *Palaeotherium*, sondern mit *Eohippus* anhebt.

Eohippus aus dem unteren Eocän hatte an den Vorderfüssen vier wohlentwickelte Zehen und dazu noch das Ueberbleibsel einer fünften. Dies würde also die primitivste Form der Equiden sein.

Orohippus aus dem mittleren Eocän geht schon einen Schritt weiter. Der fünfte Finger des Vorderfusses ist verschwunden. Der Hinterfuss hat drei Zehen — die Zehenzahl ist also die des Tapirs.

Mesohippus aus dem unteren Miocän besitzt an den Vorderfüssen nur drei Zehen und das Griffelbein einer geschwundenen, dann an den Hinterfüssen drei Zehen. *Orohippus* und *Mesohippus* entsprechen den Paläotheriden Europa's.

Miohippus im oberen Miocän ist dem europäischen *Anchitherium* ähnlich und führt an jedem Fuss drei Zehen wie dasselbe.

Protohippus aus dem unteren Pliocän ist dem *Hipparion* ähnlich und hat an jedem Fuss drei Zehen, aber nur die Mittelzehe berührt den Boden.

Pliohippus aus dem oberen Pliocän vermittelt zwischen *Protohippus* einerseits und *Equus* andererseits und hat die kleinen Seitenzehen schon ganz verloren.

Wir haben somit zwei Entwürfe des Stammbaumes der Pferde, wovon der reichhaltigere Amerika angehört. Wahrscheinlich ist aber das Pferd in der arktischen Region oder im circumpolaren Asien entstanden und gehört einer dritten

mehr oder minder mit den beiden Versuchen übereinkommenden Entwicklungsreihe an.

Die paarzehigen Hufthiere, *Artiodactyla* (vergl. pag. 197) sind eine Abzweigung der primitiven fünfzehigen Hufthiere. Bei ihnen erscheinen zwei gleiche Zehen, nämlich die dritte oder mittlere und die vierte Zehe des Fusses als die Hauptträger der Last. Zehenzahl 4, 3 oder 2.

Diese Unterordnung zerfällt in zwei Gruppen, die in ihren jüngeren und den lebenden Vertretern nach Gebiss und Lebensweise stark von einander getrennt erscheinen.

1. Die Bunodonten oder Schweinszähner, *Bunodontia*, auch *Suillina* genannt. Diese Gruppe ist die ältere, sie begreift die Schweine und schweinartigen Thiere mit den Hippopotamen.

2. Die Selenodonten oder Mondszähner, Halbmondszähner, Sichelzähner, *Selenodontia*. Diese jüngere von den schweineartigen Thieren abgezweigte Gruppe gipfelt in der in den jüngeren Tertiärschichten und in der Jetztwelt sehr zahlreich vertretenen Abtheilung der Wiederkäuer, *Ruminantia*.

Wir beginnen mit den Bunodonten. Es sind die Schweinszähner, Hügelzähner, Höckerzähner, in der heutigen Fauna vertreten durch die Gattungen *Sus*, *Dicotyles* und *Hippopotamus*.

Die Bunodonten sind der ältere Typus der Paarhufer und müssen sich schon frühe von den Perissodactylen abgezweigt haben, wenigstens reichen sie nach O. C. Marsh in Nord-Amerika ins untere Eocän oder die Coryphodon-beds zurück.

Wir betrachten folgende Bunodonten-Familien, *Anthracotheridae*, *Suidae* und *Hippopotamidae*.

Als Anthrakotheriden, *Anthracotheridae* kann man eine Anzahl erloschener alttertiärer Formen zusammenfassen, deren obere Molare weder ausgesprochene Höckerzähne sind, noch deutliche Halbmonde bieten. Sie stellen Mittelformen zwischen Bunodonten und Selenodonten dar und bezeugen deren gemeinsame Abkunft.

Die Gattung *Anthracotherium* hat starke Eckzähne, die Molare sind breit und tragen pyramidale Erhabenheiten. Mehrere Arten kommen im oberen Eocän und im unteren Oligocän vor. *A. magnum* Cuv. fand sich im Lignit von Cadibona in Piemont und soll die Grösse eines Nashorns erreicht haben. Das öftere Vorkommen von Anthrakotherien in Braunkohlen-Gebilden deutet auf Bewohner von Wald und Sumpf.

Ausgebildete höckerzähnige Paarhufer begreift die Familie der Schweine, *Suidae*, *Setigera*. Es sind langschnauzige Thiere mit vollständigem Gebiss. Die Eckzähne oder Hauer sind dreiseitig und meist stark verlängert. Die Mahlzähne mit breiter, kegelförmige Höcker tragender Krone deuten die omnivore Lebensweise (gemischte Nahrung) an. Gliedmaassen vierzehig, dritte und vierte Zehe stärker entwickelt. Die kleineren Seitenzehen berühren bei den lebenden Schweinen, auch ihren geologisch jüngeren Vertretern, den Boden nicht mehr.

Echte Schweine der Gattung *Sus* beginnen schon im mittleren Miocän. *Sus antiquus* Kaup. findet sich im unteren Pliocän von Eppelsheim. Aeltere Suidengattungen sind *Hyotherium* und *Palaeochoerus*.

Die Gattung *Sus* fehlt sowohl der lebenden Fauna von Amerika, als auch der fossilen. An ihrer Stelle erscheint hier *Dicotyles*, das Pekari oder Nabelschwein, lebend in Süd-Amerika, fossil in Knochenhöhlen von Brasilien. Fossil

in quartären Schichten von Nord-Amerika erscheint *Platygonus*, eine mit *Dicotyles* nahe verwandte Gattung, aber bereits wieder erloschen.

Vereinzelt steht die Familie *Hippopotamidae*. Die lebenden Flusspferde oder Nilpferde sind Bewohner der Ströme und Seen von Afrika, fast mehr Wasserthiere als Landthiere, dabei Pflanzenfresser. Es sind plumpe Thiere mit breitem Kopf, stark vorherrschenden Kiefern und kurzen säulenförmigen Gliedmaassen. Füsse plump, mit vier auftretenden Zehen, die fast gleich gross sind. Das Gebiss hat 40 Zähne. Schneidezähne und Eckzähne stark entwickelt. Die Backenzähne denen der Schweine ähnlich. Die hinteren tragen doppelte in Längsreihen gestellte dreiseitig kegelige Höcker. Diese Backenzähne ergeben mit der Abnutzung der Krone eine kleeblattähnliche Zeichnung der Kaufläche.

Die gemeine lebende Art, *Hippopotamus amphibius* L. ist in Afrika weit verbreitet und besonders im mittleren zahlreich. Länge 4—4½ Meter. *Hipp. Liberiensis* lebt in Liberia (West-Afrika) und ist kleiner. Länge nur 1,6 Meter. *Hipp. Madagascariensis* GOLDB., fossil in quartären Sumpfablagerungen auf Madagaskar, erreicht 2 Meter Länge.

Die Hippopotamen stammen von einer oder der anderen eocänen Bunodonten-Gattung ab, deren Fussbildung sie getreu bewahrt haben mögen. Ihr ältestes bekanntes Vorkommen ist im oberen Miocän der Sivalik-Berge in Ost-Indien, wo eine etwas ursprünglichere Form, *Hexaprotodon Sivalensis* FALC. mit 6 (3 + 3) Vorderzähnen auftritt. *Hippopotamus major* CUV., nicht viel verschieden vom lebenden afrikanischen Flusspferde, erscheint zuerst auf europäischem Boden fossil im oberen Pliocän des Arno-Thales in Toscana, dann noch häufig im Pleistocän von Frankreich und England u. a. im Forest-bed. Auch noch im Sand von Mosbach bei Wiesbaden gefunden. Hippopotamen fehlen der heutigen Fauna von Amerika und sind auf diesem Gebiet noch nie fossil gefunden worden.

Wir gelangen zur zweiten Gruppe der Paarzeher, den Selenodonten oder Mondszähnern, *Selenodontia* (pag. 201). Sie sind im Allgemeinen dadurch bezeichnet, dass die Krone ihrer Backenzähne zwei doppelte halbmondförmige Schmelzfalten zeigt. Die Wölbung derselben wendet sich an den oberen Molaren einwärts, an den unteren auswärts. Die Sichelzeichnungen treten auch an abgenutzten Kauflächen noch deutlich hervor.

Sie stellen eine jüngere Abzweigung der Bunodonten dar, bei welcher mit dem Uebergang zur grasfressenden Lebensweise eine der Zermalmung härterer Nahrung günstigere Gestaltung der Mahlzähne eintrat.

Zugleich trat bei ihnen auch nach dem Bedürfniss rascheren Laufes — sicherer Flucht vor Raubthieren — eine vortheilhaftere Vereinfachung des Fussbaues, namentlich eine Verschmelzung der beiden Mittelfussknochen ein, die an den ähnlichen Vorgang bei den Pferden erinnert.

Diese jüngere Gruppe der Paarzeher gipfelt seit der mittleren Tertiärepoche in der heutzutage reichlich vertretenen und vielgestaltigen Abtheilung der Wiederkäuer, *Ruminantia* mit den noch lebenden Familien *Moschidae, Cervidae, Camelidae, Camelopardalidae* und *Cavicornia*. Die Vertreter in den älteren Tertiärlagern vermitteln in den Charakteren von Skelett und Bezahnung noch zwischen Bunodonten und typischen Wiederkäuern. Wo in der Abstammungslinie das Wiederkäuen anhob, ist selbstverständlich nur noch annähernd abzuschätzen.

Günstiger gestellt ist die Ermittelung der Vereinfachung des Fussbaues. Die lebenden Wiederkäuer haben nur zwei Zehen oder höchstens noch zwei Seiten-

zehen. Diese stehen meist an einem aus zwei Röhren verwachsenen Metapodial-Knochen (Mittelhand- und Mittelfussknochen), der unten zwei Rollköpfe für die zwei Zehen besitzt. Aber beim Embryo ist dieser Mittelfussknochen noch nicht verschmolzen; er verschmilzt erst in einer späteren Entwicklungsstufe So zeigen sich auch bei den geologisch älteren Vertretern noch zwei getrennte Metapodial-Beine neben einander, namentlich bei *Anoplotherium* und bei *Gelocus*.

Merkwürdiger Weise zeigt sich diese veraltete Fussform auch noch einmal bei einem lebenden Wiederkäuer und zwar einem Moschusthier. Es ist dies der in West-Afrika (Sierra Leone) an Flussufern lebende erst 1840 entdeckte *Hyaemoschus aquaticus*, ein vierzehiger Selenodont von manchen primitiven Charakteren. Die beiden Mittelhandknochen (des Vorderfusses) sind noch nicht verwachsen. Auch die beiden äusseren Mittelhandknochen sind noch deutlich vorhanden, nur dünner und kürzer geworden (also Griffelbeine). Sie tragen jeder eine Zehe von drei Phalangen, wozu noch jederseits eine Nebenzehe von eben sovielen kleineren Phalangen kommt. Dagegen sind die beiden Mittelfussknochen (des Hinterfusses) schon fast vollständig verwachsen. Solchergestalt gestattet *Hyaemoschus* wichtige Rückblicke auf die geologische Entwicklungsgeschichte der Selenodonten überhaupt.

Die Selenodonten-Familie der Anoplotheriden, *Anoplotheridae*, begreift zweizehige, zwischen Bunodonten und Wiederkäuern so ziemlich mitten inne stehende Thiere aus den älteren Tertiärlagern. Das Gebiss ist vollständig und zählt in jedem Kieferast 3 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 4 Prämolare und 3 Molare. Die Molare tragen fünf Halbmonde.

Man hat die Anoplotheriden eine Zeit lang für Stammesvorfahren der Wiederkäuer gehalten, allein es scheint nach der Gestaltung der Metatarsal-Knochen, dass sie einer erloschenen Seitenlinie dieses Stammes angehören.

Anoplotherium hat 44 Zähne in geschlossener Reihe — ohne irgend eine Lücke. Die Eckzähne sind klein und Schneidezähnen ähnlich, sie ragen nicht vor. Der Fuss ist zweizehig und zeigt zwei vollständig getrennte Metatarsal-Knochen. Neben ihnen zeigen sich auch noch Reste von zwei äusseren solchen, aber es sind nur breite knollige Rudimente (nicht schmale Griffelbeine wie bei unseren Wiederkäuern).

Anoplotherien finden sich häufig im obereocänen Knochengyps von Paris und diese Gattung ist von hier nach dem ganzen Skelett bekannt. Zähne lieferten auch die Bohnerze der schwäbischen Alb.

Anoploth. commune Cuv. aus den Gypsbrüchen des Montmartre war ein ziemlich hochbeiniges Thier mit vorn abgestutzter Schnautze und sehr langem Schweif. Es mag heerdenweise an den Seen des damaligen Festlands gelebt haben und war wohl ein Sumpf- und Seebewohner.

Den Anoplotherien sehr nahe steht die Gattung *Xiphodon*. Der Fussbau ist ähnlich. Das Gebiss hat auch noch 44 Zähne. Die Prämolaren zeichnen sich durch ihre scharfschneidige Form aus (griech. *xiphos* das Schwert).

Xiphodon gracile Cuv. findet sich mit den Anoplotherien im Knochengyps des Montmartre. Es war ein Thier von schlanker gazellenartiger Gestalt, mit kurzem dünnem Schweif, wahrscheinlich ein behender Renner. *Xiphodon* mag wohl schon ein Wiederkäuer gewesen sein, dürfte aber mit den Anoplotherien einer erloschenen Seitenlinie derselben angehören.

Die amerikanische Familie *Oreodontidae* steht den Anoplotherien nahe, die

Backenzähne gleichen wesentlich denen jüngerer Wiederkäuer, die Füsse sind noch vierzehig. Mit Bezug auf diese Mittelstellung bezeichnete sie LEIDY treffend als wiederkäuende Schweine *(ruminating hogs)*. Die Hauptgattung ist *Oreodon*. Die Reste dieser Thiere, die die Grösse des lebenden Pekari erreichten, *Oreodon Culbertsoni* LEIDY, finden sich in Menge in den Binnensee-Ablagerungen im Osten der Rocky Mountains, namentlich in den Mauvaises Terres von Nebraska.

Die Familie der Moschusthiere, *Moschidae*, begreift kleine hirschartige aber geweihlose Wiederkäuer von schlanker Gestalt und zarten zierlichen Füsschen. Das Gebiss ist das der Wiederkäuer, aber die oberen Eckzähne ragen beim Männchen stark hervor und umfassen den Unterkiefer. Die lebende Gattung *Moschus* ist mit mehreren Arten in den Gebirgsgegenden von Süd-Asien vertreten. Die afrikanische Gatt. *Hyaemoschus* erörterten wir bereits oben bei den Selenodonten. Fossil vertreten sind die Moschiden im oberen Eocän und im Miocän von Europa. Die Moschiden überhaupt erweisen sich so gut wie sicher als der ältere Stamm der Cerviden.

Die Gattung *Gelocus* aus dem obereocänen Phosphorit von Quercy hat ähnlich wie bei Moschusthieren gekrümmte obere Eckzähne. Die Vorderfüsse zeigen zwei getrennte Metapodialknochen, neben denselben zwei seitliche schwache Griffelbeinchen. An den Hinterfüssen sind die beiden Mittelfussknochen der ganzen Länge nach verwachsen.

Andere Moschiden-Gattungen wie *Dremotherium* und *Dorcatherium* vermitteln zwischen Moschiden und Cerviden. *Dorcatherium* hat im Oberkiefer noch die langen Eckzähne der ersteren, bei *Dremotherium* fehlen sie schon. Beide Gattungen waren noch geweihlos.

An die Moschiden schliesst sich als jüngere Linie die Familie der Cerviden oder Hirsche, *Cervidae*, an.

Die Cerviden haben ein zeitweilig wechselndes Geweih, welches sie gewöhnlich, soweit es Hautverknöcherung ist, jährlich abwerfen. Es besteht 1. aus dem Rosenstock, einem Knochenfortsatz des Stirnbeins, er ist bleibend, 2. aus der Rose, einem breiteren knochigen Wulste und 3. dem eigentlichen Geweih. Es ist mehr oder weniger verästelt. Die Verästelung steigert sich bei den Arten mit stark verästeltem Geweih mit dem Alter.

Die Hirsche beginnen beiläufig im unteren Miocän, es sind hier Formen mit einfacherer Bildung des Geweih's, ähnlich wie bei den jüngeren Thieren der Arten mit reicher zusammengesetztem Geweih.

Hierher gehört die Gatt. *Procervulus*. Bei ihr ist die Rose noch unentwickelt, der Stirnzapfen ist lang, das Geweih zeigt schon Gabelung. Vielleicht wurde dies Geweih noch nicht regelmässig gewechselt. *P. aurelianensis* stammt aus dem Untermiocän von Orleans.

Hirsche mit mehrfach gegabeltem Geweih folgen bald nach und gewinnen zum Theil eine grosse geologische Bedeutung, wie namentlich das Rennthier, *Cervus tarandus* L., eine heute in Europa und Asien nur hochnordische Art, die mit der Glacial-Epoche vorübergehend bis zu den Pyrenäen reichte und vielfach von den ersten Menschen Mittel-Europa's gejagt wurde.

Der Wapiti, *Cervus canadensis* BRISS., lebt heutzutage in Nord-Amerika bis 57° nördl. Br. und ist ein versprengter Einwanderer, der wohl, als die Behringsstrasse eine Landbrücke hatte, in Amerika einzog und sich hier fort erhielt. Er schliesst sich nicht den übrigen amerikanischen Hirschen an, sondern einer

europäisch-asiatischen Gruppe. Der Canadische Hirsch ist also, wie man darnach anzunehmen hat, asiatischer Abkunft. In der That kennt man den Wapiti auch fossil neben dem Edelhirsch in quartären Lagern von Deutschland (Mosbach) und Frankreich (zu Louverné bei Le Mans). Er ist schon frühe wieder in Europa erloschen — wahrscheinlich vom Menschen ausgerottet.

Hirsche sind aus Nord-Amerika gegen Ende der Pliocän-Epoche mit Hebung der Landenge Darien auch noch nach Süd-Amerika gelangt, wo ihre Nachkommen noch leben.

Die Familie der Cameliden, *Camelidae* oder Schwielenfüsser, *Tylopoda*, mit dem Kameel der alten Welt und den Lama's oder *Auchenia*-Arten von Süd-Amerika stehen unter den Wiederkäuern der heutigen Epoche ziemlich vereinzelt, sie scheinen nordamerikanischen Ursprunges zu sein. Ihr Fussskelett ist das der ächten Wiederkäuer, es sind nur zwei Zehen entwickelt, die 3. und die 4., sie tragen kleine Hufen oder eher Kuppennägel und haben eine schwielige Sohle. Dazu kommen noch alterthümliche Charaktere. Der Schädel ist völlig hornlos, die Bezahnung ist noch ziemlich vollständig.

Die Cameliden leitet O. C. MARSH von der im Miocän von Nord-Amerika auftretenden Gattung *Poebrotherium* ab. Sie hat noch 7 Backenzähne. (4 Prämolare, 3 Molare) die Schneidezähne sind noch vollzählig. Die beiden verlängerten Mittelfussknochen sind noch nicht verwachsen. Im Pliocän von Nord-Amerika erscheint dann *Procamelus*. Bei dieser Gattung sind bereits die zwei Mittelfussknochen zu einem einzigen Cylinder verwachsen. Diese Reihe führt zum Kameel von Asien und dem Lama von Süd-Amerika.

Das Kameel, *Camelus bactrianus* L., lebt heute noch wild am Lob-Nor in Turkestan. *Camelus Sivalensis* FALC. findet sich fossil im Obermiocän der Sivalik-Hügel in Ost-Indien.

Die Gattung *Auchenia* mit zahnärmerem Gebiss als *Camelus* lebt in zwei Arten (Vicunna und Guanako) noch wild in den Anden von Peru und Chili und in den Ebenen von Patagonien. (Das Lama ist nur eine zahme Rasse des Guanako). Mehrere *Auchenia*-Arten erwähnt MARSH aus dem Pleistocän von Nord-Amerika. Andere Arten kennt man aus dem Pampasthon von Tarija (Bolivia) noch andere aus den Höhlen von Brasilien.

Die in der heutigen Thierwelt nur noch durch eine einzige Art vertretene Familie der Giraffen, *Camelopardalidae, Devexa,* steht ebenfalls sehr vereinzelt unter ihren Verwandten. Es sind grosse langhalsige und hoch aufgerichtete Thiere mit eigenthümlichem Gehörn. Ihr Schädel trägt auf der Naht zwischen Stirnbein und Scheitelbein zwei einfache Knochenzapfen neben einander. Sie bleiben mit Haut bedeckt und sind Rudimente von Geweihen. Halswirbel verlängert. Die Backenzähne sind die der Wiederkäuer.

Die lebende Giraffe, *Camelopardalis giraffa,* wird an 6 Meter hoch. Sie findet sich in Afrika und ist ein Blätterfresser. Die ältesten Giraffen dürften um die Miocän-Epoche in der alten Welt entstanden sein. *Camelopardalis attica* GAUDRY, aus dem unteren Pliocän von Pikermi bei Athen, erreichte fast die Grösse der lebenden Art.

Helladotherium aus dem unteren Pliocän von Pikermi u. a. O. begreift grosse der Giraffe ähnliche Thiere, aber von etwas gedrungenerem Bau und namentlich mit kürzerem Hals.

Räthselhafter ist die Gattung *Sivatherium,* die auch als Typus einer be-

sonderen Familie *Sivatheridae* betrachtet wird. Es war ein viergehörntes grosses Thier. Der Gesichtstheil des Schädels ist kurz. Der Schädel trägt zwei Stirnzapfen und hinter diesen noch zwei andere Hervorragungen. Man glaubt, das Thier trug vorn ein Paar einfacher und dahinter noch ein zweites Paar verästelter Hörner. Doch gehen die Meinungen darüber noch ziemlich weit auseinander. *Siv. giganteum* Falc. aus dem oberen Miocän der Sivalik-Berge in Ost-Indien ist nach einem Schädel von ungewöhnlicher Grösse bekannt. Er steht dem eines Elephanten wenig nach.

Die in den jüngeren Tertiär-Schichten und in der jetzigen Epoche reichlich vertretene Familie der Hohlhörner, *Cavicornia,* begreift die Antilopen, die eng mit einander verbundenen Ziegen und Schafe, endlich die Rinder. Es sind Wiederkäuer mit knöchernen kegelförmigen Stirnzapfen. Sie tragen bleibende Hornscheiden, welche je nach Gattung und Art in mannigfaltiger Gestalt auftreten. Schneidezähne oben keine, unten $4 + 4$, Eckzähne fehlen, Backenzähne oben sechs, unten sechs.

Hohlhörner sind heute fast über die ganze Erdoberfläche verbreitet und reichen beinahe durch alle Klimate. Sie leben meist gesellig, bald auf Steppen, bald in Wäldern, bald auf Hochgebirgen. Sie sind heute an Gattungen und Arten zahlreich vertreten und befinden sich dermalen offenbar auf der Höhe der Entwicklung. Wahrscheinlich stammen sie von Moschiden (wie *Dremotherium).* Ihre ältesten Vertreter finden sich im oberen Miocän und unteren Pliocän von Europa (Sansan, Pikermi u. a. O.) und Asien (Sivalik-Berge).

In Nord-Amerika erscheinen mit Beginn der Pliocän-Epoche die ersten Antilopen und Rinder als Einwanderer aus Asien und zogen wohl über eine Landbrücke an der Behrings-Strasse hier ein. Schafe und Ziegen blieben damals in Asien zurück, nur *Ovibos* erreichte später mit der Glacialzeit (vielleicht auf Eis oder Eisfeldern) Amerika.

Ovibos moschatus Blainv. der Moschusochse *(Bos moschatus* L. *the musc-ox)* ist ein schmalstirniger Cavicornier, welcher eher den Schafen als den Rindern angehört. Er lebt jetzt nur im arktischen Nord-Amerika von 60° nördl. Br. an, findet sich aber fossil auch noch viel weiter südlich in demselben Gebiet, fossil auch in Sibirien und Europa in Lagern aus der Glacial-Zeit (vergl. pag. 106).

Der Stamm der Bisonten, eine Abzweigung von dem der Rinder, eröffnet im oberen Miocän der Sivalik-Hügel mit *Bison Sivalensis* Falc. Hernach finden sich zwei Linien. Zur altweltlichen Linie gehört *Bison priscus* Boj., fossil im Diluvium von Europa und Sibirien, etwas grösser als der Wisent. Dann *Bison europaeus* Ow. der Wisent *(Bos urus* L.), eine lebende aber nahezu ausgerottete Art, heute nur noch in Litauen und im Kaukasus vorkommend. Mit Beginn der Pliocän-Epoche wanderten die Bisonten in ein paar Arten in Nord-Amerika ein. Später erscheint hier *Bison antiquus* zusammen mit *Elephas primigenius (americanus* Leid.) und *Ovibos moschatus* fossil. Dessen Nachkomme ist *Bison americanus* Gm. der sogen. amerikanische Büffel *(buffalo) Bos bison* L. Er lebt in Nord-Amerika besonders im Prairien-Gebiete in grossen Heerden, geht aber auch dem Untergang entgegen.

Wir verlassen jetzt die Hufthiere und wenden uns zu der entfernt verwandten Ordnung der Sirenien oder Seejungfern, *Sirenia, Cetacea herbivora.* Es sind pflanzenfressende Meeres- und Flussbewohner von fischförmiger Körpergestalt. Die Vordergliedmaassen sind flossenförmig, aber die Hand ist noch

fünffingerig und die letzten Phalangen noch z. Th. mit Nägeln versehen. Wie bei den Walen sind die Hinterbeine geschwunden. Es zeigt sich keine Kreuzbein-Verwachsung. Das Becken bedeuten nur zwei kleine Knochen. Das Hinterende des Körpers trägt eine wagerechte an den Schwanzwirbeln befestigte Schwimmflosse. Der Kopf ist gross und rund, der Hals kurz. Die Bezahnung ist mehr oder minder verarmt, die Backenzähne sind zum Theil denen von Hufthieren ähnlich.

Hierher gehören die beiden lebenden Gattungen *Halicore* und *Manatus*, die im vorigen Jahrhundert ausgerottete Gattung *Rhytina* und ein paar erloschene fossile Gattungen. Die Sirenien erweisen sich namentlich durch ihre Bezahnung als eine sehr alte Abzweigung von Hufthieren. *Manatus* hat Jochzähne, ähnlich wie die von *Lophiodon* und *Tapirus*. Das Eintreten der Sirenien in Flüsse und Meere und ihre fischförmige Umgestaltung kann daher etwa zu Anfang der Tertiärperiode vermuthet werden, wenn nicht in noch älterer Zeit.

Manatus, das Manati, lebt im Senegal und an der Atlantischen Küste des warmen Amerika, auch in Flüssen von Brasilien. Mehrere Arten fossil in mittleren und oberen Tertiärschichten des Ostens von Nord-Amerika.

Halitherium Kaup (*Halianassa* Mey.) hat im Schädel Aehnlichkeit mit *Manatus*. Das Becken und die Reste der Hintergliedmaassen sind noch stärker als bei den lebenden Sirenien ausgebildet. Untere Schneidezähne und Eckzähne hinfällig. Die Backenzähne gleichen denen von schweineartigen Hufthieren, sie tragen zitzenförmige Höcker. Abgekaute Backenzähne erhalten eine kleeblattartige Zeichnung, ähnlich wie die von *Hippopotamus*. Cuvier nahm sie daher noch für *Hippopotamus*-Zähne. Die Rippen sind dicht und schwer. *Halitherium Schinzi* Kaup (*Halianassa Collinii* Mey.) findet sich im oligocänen Meeressand von Flonheim (Rheinhessen).

Die Ordnung der Proboscidier oder Rüsselthiere, *Proboscidea*, steht in der Jetztwelt sehr vereinzelt da. Sie begreift nur die zwei Elephanten-Arten, *Elephas indicus* L. und *El. africanus* L., wozu noch eine Anzahl fossiler Arten und die erloschene Gattung *Mastodon* kommen. Ihre ältere Abstammung ist noch sehr räthselhaft. Die Bezahnung deutet auf Hufthiere zurück.

Der kurze säulenförmige Fuss zeigt fünf Zehen mit kleinen platten Nägeln. Sehr auszeichnend ist die zu einem Rüssel verlängerte Nase und die Bewaffnung des Kiefers mit vorragenden Stosszähnen (Incisiven). Keine Eckzähne. Die Backenzähne mehr oder minder zusammengesetzt, im einfachsten Falle denen des Tapirs ähnlich. Es sind grosse gesellig lebende Thiere und Pflanzenfresser.

Bei der Gattung *Elephas* trägt der Zwischenkiefer zwei mächtige Stosszähne. Die Backenzähne führen zahlreiche, hohe und schmale Querjoche, die oben in schmale Höcker ausgehen. Die Querjoche hängen am Grunde zusammen und sind bis zur Kronenoberfläche hinauf durch Cäment verbunden. Die Höcker der Joche werden bald abgekaut.

Die Elephanten haben ihre Heimath in der alten Welt und zeigen sich zuerst im oberen Miocän der Sivalik-Berge in Ost-Indien. Hier erscheinen auch noch Mittelformen, welche die Abkunft der Elephanten von Mastodonten verkünden.

Elephas Cliftii Falc. (*Mastodon elephantoides* Clift.) aus dem Irawaddi-Thal ist eine solche Mittelform. Die Backenzähne zeigen zahlreiche Querjoche, jedes in eine Anzahl Höcker ausgehend und ihre Thäler noch nicht mit Cäment ausgefüllt, wie bei den ausgeprägten Elephanten-Arten.

In Nord-Amerika erscheinen die Elephanten erst mit dem oberen Pliocän und drangen bis Mexiko vor, erloschen aber nachmals über dies Gebiet.

Der Mammuth, *Elephas primigenius* BLUMENB., ein naher Verwandter des lebenden *Elephas indicus* L., war während der Glacial-Epoche über Europa, Sibirien und Alaska verbreitet, erlosch aber seither, wie es scheint, zuletzt als Jagdbeute des Menschen (vergl. I., pag. 1 und 5, III. pag. 103, 110 und 111).

Die erloschene Gattung *Mastodon*, die Stammform von *Elephas*, besass zugleich im Zwischenkiefer und im Unterkiefer zwei als Stosszähne entwickelte Schneidezähne, aber die unteren waren schwächer oder fielen schon in der Jugend aus oder waren schon vollständig verschwunden, wie letzteres namentlich bei den zu den Elephanten leitenden Mittelformen der Fall war. Die Backenzähne tragen mehr oder weniger zahlreiche in stumpfkegelige Höcker ausgehende Querjoche. Ihr Bau ist bei den geologisch älteren Arten einfacher und deutet auf die tapirartigen Hufthiere zurück. Andere Arten bilden zahlreichere Querjoche und Höcker. Diese letzteren leiten zur Gatt. *Elephas* über, wobei allmählich die Ablagerung von Cäment in den Thälern der Krone auftritt.

Die Mastodonten erscheinen in Europa mit dem Miocän und erlöschen hier mit *Mastodon arvernensis* CROIZ. unmittelbar vor Beginn der Glacial-Epoche. Ihre Heimath mag Asien gewesen sein.

In Nord-Amerika erscheinen die Mastodonten mit dem unteren Pliocän — noch vor den Elephanten — und wahrscheinlich als Einwanderer aus Asien, vielleicht über eine Landbrücke an der Stelle der Berings-Strasse. Zwei *Mastodon*-Arten erscheinen in der Folge auch über Süd-Amerika verbreitet und kommen namentlich im Lehm der Pampas vor.

Der letzte Mastodont erlosch in sehr später Zeit in den östlichen Unionsstaaten und in Canada. Dies ist *Mastodon giganteus* CUV. Vergl. pag. 113, vielleicht noch ein Jagdwild des aus Nord-Asien eingewanderten Menschen.

Wir schliessen den Mastodonten die Dinotherien an, die ebenfalls mit dem Miocän von Europa und Asien auftauchen und als entfernte z. Th. auf primitiverer Stufe stehen gebliebene Seitenverwandte der ersteren zu betrachten sind.

Die Gatt. *Dinotherium* hat einen am Vordertheil abwärts gebogenen Unterkiefer, aus dem zwei Hauer herabhängen. Es sind wahrscheinlich umgewandelte Schneidezähne. Sie deuten auf Fluss- und Sumpfbewohner, welche weiche Kräuter und Schilf am Ufer aufrissen. Die Gliedmaassen waren übrigens denen der Mastodonten ähnlich und auf das Gehen berechnet. Backenzähne 5 in jedem Kieferast (2 pm. 3 m.). Sie sind vierseitig, mit zwei Querjochen versehen und überhaupt denen des Tapir ähnlich. CUVIER nahm solche vereinzelte Backenzähne noch für solche eines riesigen Tapirs.

Arten ziemlich zahlreich, aber einander sehr nahe stehend. *Dinotherium giganteum* KAUP aus dem unteren Pliocän von Eppelsheim (Rheinhessen) und Pikermi (Athen) übertraf *Mastodon* und *Elephas* an Grösse. *Din. indicum* FALC. von der Insel Perim (Ost-Indien) war ähnlich. Nach Amerika drangen die Dinotherien nicht vor.

Die Ordnung der Edentaten (Zahnarme und Zahnlose) *Edentata* oder *Bruta*, stehen in der Jetzwelt sehr vereinsamt und auch ihre Abstammung liegt noch sehr im Dunkeln.

Es sind Landthiere von mannigfacher Gestalt und Lebensweise, aber alle mit verarmter Bezahnung. Einzelne sind zahnlos, andere sehr zahnarm, noch

andere führen sehr zahlreiche, aber immerhin sehr einförmig gestaltete Zähne. Auch bestehen diese nur aus Dentine und Cäment, der Schmelz fehlt. Keine Schneidezähne, auch keine eigentlichen Eckzähne. Füsse meist fünfzehig, oft mit starken Krallen bewaffnet, bisweilen wie bei *Glyptodon* mit Hufen versehen.

Die geographische Verbreitung der Edentaten hat viel Auffallendes. Sie sind reichlich verbreitet über Süd-Amerika, erscheinen aber auch noch vereinzelt und abgesprengt im tropischen Asien und Afrika. Vergl. pag. 111—113.

Die Lebenden zerfallen in die drei Familien *Vermilinguia*, *Dasypoda* und *Bradypoda*. Dazu kommen noch fossile Formen von primitiveren Charakteren.

Die Familie der Wurmzüngler, *Vermilinguia*, begreift Thiere mit verlängerter Schnauze und kleinem Mund, sie leben von Ameisen und Termiten. *Myrmecophaga* ist zahnlos, bewohnt Süd-Amerika und findet sich auch fossil in den Knochen höhlen von Brasilien. *Manis* ist ebenfalls zahnlos und erscheint vereinzelt in West-Afrika und Ost-Indien. *Orycteropus* hat breite, fast hornige Zahnplatten und bewohnt Süd-Afrika.

An diese heute noch lebenden Ameisenfresser schliessen sich erloschene Gattungen an, ihre Lebensweise war wohl eine andere. *Ancylotherium* stand dem *Orycteropus* am nächsten. Die Zehen zum Schutz der Krallen im Bogen aufgekrümmt. Die Krallen-Phalange vorn tief gespalten. *A. priscum* fand sich im obereocänen Phosphorit von Quercy, *A. Pentelici* im Pliocän von Pikermi bei Athen.

Macrotherium stand ebenfalls dem *Orycteropus* am nächsten. Die drei Zehen-Phalangen ebenfalls aufgekrümmt. Die Gliedmaassen waren zum Klettern einigermaassen geeignet, die vorderen Beine länger als die hinteren. Es waren grosse Thiere von plumpem Körperbau, wahrscheinlich Laubfresser, die auch wohl Wurzeln ausscharrten. Die Backenzähne sind Säulen ohne Schmelz von ähnlichem Bau wie bei *Orycteropus*. Eine Art erscheint im Obermiocän von Sansan, eine zweite, *M. giganteum* LART. (*Manis gigantea* CUV.), im Unterpliocän von Eppelsheim. Der Krallen-Phalanx nach schätzte CUVIER das letztere Thier auf etwa 8 Meter Länge.

Die zweite Familie der Edentaten ist die der Gürtelthiere oder Armadille, *Dasypoda, Cingulata*, und begreift verschiedentlich gepanzerte Thiere, mit kurzen Beinen und starken Krallen zum Aufscharren des Bodens und zum Graben von Höhlen. Zwei Gattungen *Dasypus* und *Chlamydophorus* leben in Süd-Amerika. Von ihnen erreicht *D. gigas* in Paraguay die Grösse eines Schweins und besitzt zusammen 94—100 Zähne (die grösste Zahnzahl bei Landsäugethieren).

Diese Gürtelthiere besitzen einen starken, von knöchernen Tafeln gebildeten Hautpanzer in mehr oder minder vielen Gürteln. So hat die Gattung *Dasypus* einen, aus kleinen verwachsenen Tafeln bestehenden Panzer, der aus einem Kopfschild, einem Rückenschild und einem Kreuzschild besteht. Zwischen beiden letzteren verlaufen noch eine Anzahl schmaler querer Gürtel über den Rücken.

Von *Dasypus* kennt man fossile Arten in den jüngeren Schichten von Süd-Amerika (Knochenhöhlen von Brasilien, Lehm der Pampas). Mit ihnen finden sich hier Arten mehrerer verwandter Gattungen wie *Euryodon* und *Heterodon*.

Etwas mehr von den lebenden Dasypoden weicht die erloschene Gattung *Glyptodon* ab. Sie begreift grosse, z. Th. riesenhafte Armadille mit einem einzigen ungegliederten, aus sechseckigen, knöchernen Tafeln bestehenden hochgewölbten Rückenpanzer, der dem Thier ein einigermaassen schildkrötenartiges Ansehen

ertheilte. Kopf und Schwanz tragen gleichfalls ihre Panzerdecke. Die des Schwanzes ist geringelt, die Ringel sind dütenförmig. Die Beine haben vorn vier und hinten drei mit Hufen versehene Zehen. Acht Zähne in jedem Kieferast, sie sind mit zwei tiefen Längsfurchen versehen, welche den Zahn in drei Theile abgliedern. Im übrigen Bau weicht *Glyptodon* nicht sonderlich von den anderen Armadillen ab. Das Thier mag unbehülflich gewesen sein und sich von Vegetabilien, namentlich ausgescharrten Wurzeln genährt haben.

Mehrere Arten finden sich fossil im Pampas-Lehm von Süd-Amerika zu Buenos Ayres und a. O. *Glyptodon clavipes* Ow. hatte von der Schnauzenspitze bis zum Schwanzende eine Länge von 9 Fuss (2,7 Meter), der Rückenschild eine Länge von 5 Fuss (1,5 Meter). Diese Art findet sich im Lehm von Buenos Ayres. Andere Arten erreichten noch ansehnlichere Grösse.

Die Familie der Megatheriden, *Megatheridae* oder Gravigraden, *Gravigrada*, begreift grosse und zum Theil riesenhafte erloschene Edentaten, welche im Allgemeinen den noch lebenden Faulthieren am nächsten verwandt sind, aber in der Lebensweise abwichen. Ihr Skelett ist plump, der kurze Schädel zeigt einen geschlossenen Jochbogen und dieser zeigt einen starken absteigenden Fortsatz. Die Füsse zeigen je 5, 4 oder 3 Zehen. Die Mittelzehen waren mit kräftigen Krallen bewaffnet. Der ganze Bau der Thiere deutet auf Blätterfresser, die auf den Hinterfüssen und dem starken Schwanz sich an Bäumen aufrichteten und von ihnen mit den Armen Zweige und Laubwerk herabzogen. Zum Klettern waren sie viel zu schwerfällig. Hierher gehören namentlich die Gattungen *Megatherium*, *Mylodon* und *Megalonyx* aus quartären Schichten von Amerika.

Megatherium war ein grosser plumper Gravigrad, mit kleinem und rundlichem Kopf, der an den von *Bradypus* erinnert. Das Gebiss enthält zusammen 18 Backenzähne. Sie sind prismatisch, vierseitig und in tiefe Alveolen des Kiefers eingesetzt. Die Krone zeigt zwei Querhügel. Die Vordergliedmaassen sind ein wenig länger als die hinteren, der Vorderarm war frei beweglich. Vorderfüsse mit vier, die hinteren mit drei Zehen, die Mittelzehen mit sehr mächtigen Krallen versehen. Der lange herabhängende Schwanz war sehr grobknochig und diente offenbar dem Thier als Stütze, wenn es sich aufrichtete. *Meg. Cuvieri* DESM. aus dem Pampas-Thon von Buenos Ayres und vielen a. O. in Süd-Amerika erreichte eine Länge von 14 Fuss (4,5 Meter) und 7—8 Fuss an Höhe (2,2—2,6 Meter).

Mylodon war den Megatherien ähnlich, aber die Vorderfüsse mit fünf, die Hinterfüsse mit vier Zehen und die Zähne dreiseitig prismatisch. *Myl. robustus* OWEN aus dem Pampas-Thon von Buenos Ayres u. a. O. erreichte eine Länge von 11 Fuss (3,3 Meter), vom Vorderrande des Kopfes bis zum Schwanzende. *Myl. Harlani* Ow. findet sich in quartären Lagern von Nord-Amerika und erscheint von Kentucky bis Oregon verbreitet.

Megalonyx hatte Zähne von elliptischem Querschnitt. *Meg. Jeffersoni* HARL. fand sich in Höhlen von Virginien und Tennessee, im Lehm von Natchez (Mississippi-Thal) und erreichte 8 Fuss (2,4 Meter) Länge. Andere *Megalonyx*-Arten fanden sich in den Knochenhöhlen von Brasilien.

Die Familie der Bradypoden oder Faulthiere, *Bradypoda, Tardigrada*, begreift in der heutigen Fauna von Süd-Amerika ziemlich kleine, auf Bäumen lebende und Blätter fressende Thiere, deren Arme fast noch einmal so lang als die Beine werden. Hierher die Gattungen *Bradypus* und *Choloepus*. Sie reihen sich den grossen erloschenen Gravigraden der südamerikanischen Diluvial-Bildung an, sind

aber keine verkümmerten Nachkommen derselben, sondern ein verwandter, einer andern Lebensweise anheimgefallener Zweig des gemeinsamen Stammes. Man kennt noch keine fossilen Reste derselben.

Die Familie der Moropodiden, *Moropodidae*, mit den Gattungen *Moropus* im mittleren Miocän und unteren Pliocän von Nord-Amerika, und *Morotherium* im unteren Pliocän ebenda, wollen wir nur darum berühren, weil O. C. MARSH in ihnen die Stammväter der ganzen Ordnung *Edentata* zu erkennen glaubte. Für Nord-Amerika mögen sie die ältesten der Edentaten sein — aber in Europa beginnen diese schon früher.

Die ältesten Vorfahren der Edentaten dürften vielleicht von den Tillodonten, *Tillodontia*, sich abgezweigt haben. Es sind Collectiv-Typen *(generalized forms)* aus dem Eocän von Nord-Amerika. Die Bezahnung derselben ähnelt theils der der Nager, theils der der Hufthiere. Der Bau der Gliedmaassen aber deutet auf Beziehungen zu den Edentaten. Die Füsse sind fünfzehig und die Zehen waren mit langen spitzen Krallen bewaffnet. *Tillotherium* findet sich im mittleren Eocän von Wyoming. Das Gebiss zeigt grosse, an die der Nager erinnernde Schneidezähne und neben diesen sehr kleine Eckzähne. Die Backenzähne gleichen denen der Hufthiere, die Schmelzschichte ist aber unvollständig. Die Füsse waren fünfzehig und mit langen spitzen Krallen bewaffnet.

Hiernach bleibt die Abstammung der Edentaten immer noch sehr räthselhaft. Vielleicht ist die ursprüngliche Stammesheimath die arktische Circumpolarregion, aus welcher die einen — *Ancylotherium*, *Macrotherium*, *Orycteropus* und *Manis* — nach der alten Welt ausstrahlten, die Mehrzahl aber über Nord-Amerika nach Süd-Amerika zog, wo sie noch heute einen reichlichen Antheil der Säugethier-Fauna bildet.

Die Ordnung der Carnivoren oder Raubthiere, Fleischfresser, *Carnivora*, stellt vom unteren Eocän an eine zahlreiche und im weiteren Verlauf auch ausgezeichnet abgegrenzte Abtheilung der Placentalien dar. Ihre Abkunft ist, da das Kreide-System bis dahin überhaupt noch keine Säugethier-Reste geliefert hat, nicht unmittelbar darzulegen. Da sie aber im Eocän manche Charaktere von Marsupialien erkennen lassen, ist es ziemlich wahrscheinlich, dass sie von fleischfressenden Beutelthieren, etwa von Verwandten der Gattung *Didelphys*, abstammen mögen.

Die Raubthiere sind der Mehrzahl nach Landbewohner, nur die Fischotter, *Lutra*, ein Flussuferbewohner und die Seeotter, *Enhydris*, ein Meeresuferbewohner. Das Schlüsselbein ist unvollständig und articulirt nicht mit dem übrigen Skelett. Die Zehen sind im Allgemeinen scharf bekrallt, die Krallen bei den Katzen zurückziehbar.

Am bezeichnendsten für das Raubthier und seine räuberische Lebensweise ist die Gestaltung des Gebisses. Meist finden sich oben und unten kleine schneidige Vorderzähne, jederseits drei. Die Eckzähne ragen stark hervor und stellen meist gebogene Fangzähne dar. Die Backenzähne sind von dreierlei Gestalt. Die Lückenzähne, *praemolares*, erscheinen zu mehreren. Sie sind scharfspitzig und bisweilen sind sie hinfällig. Daran schliesst sich ein grosser, spitzzackiger und scharfschneidiger Reisszahn oder Fleischzahn *(sectorius*, franz. *carnassière)* — oben aus dem letzten Prämolar, unten aus dem ersten Molar entstanden. Die Molaren sind mehr oder minder höckerig, es sind drei oder weniger.

Bei einer Anzahl erloschener und noch sehr primitiver Raubthiere, wie *Arctocyon*, *Hyaenodon*, *Pterodon*, *Amphicyon* ist die Gesammtzahl der Zähne 44.

Bei den heutigen Raubthieren dagegen erscheint die Zahnzahl verringert und die Zahnform stärker ausgeprägt. So haben die recenten Katzen nur noch 30 Zähne.

Jemehr im Gebiss die Lückenzähne und Backenzähne vorherrschen, und besonders die Kronen derselben breit und höckerig erscheinen, desto mehr nähern sich die Thiere in der Lebensweise den sogen. Allesfressern, *Omnivora*, so namentlich die Bäre. Je mehr aber der Reisszahn hervortritt, um so höher gesteigert erscheint die räuberische Lebensweise, so namentlich bei den Katzen, bei denen auch die Molaren auf einen oben (und keinen unten) sinken.

Wir beginnen mit den primitiven Formen der Raubthiere aus den älteren und mittleren Tertiärschichten, welche noch manche Charaktere von Marsupialien erkennen lassen und wahrscheinlich von fleischfressenden Beutelthieren — etwa von Vorfahren der Gattung *Didelphys* — abstammen dürften. Man vereinigt sie vorläufig unter der Bezeichnung Creodonten, *Creodontia*.

Hierher gehören namentlich die Gattungen *Arctocyon*, *Hyaenodon*, *Pterodon*, *Palaeonictis* u. a. m. Bei diesen erloschenen und noch sehr primitiven Raubthieren ist das Gebiss noch vollständig, die ganze Zahnzahl 44. Alle Backenzähne sind bei ihnen noch Höckerzähne. Es erscheint auch bei den ältesten Gattungen noch kein ausgebildeter Reisszahn. Ihr Gehirn ist nur gering entwickelt, wie die Form der Schädelhöhle zeigt.

Die Gattung *Arctocyon* zeigt auf dem Schädel eine lange hohe Sagittal-Leiste; der Hirnkasten war schmal, das Gehirn gering entwickelt und erinnert an das von Marsupialien. Die Jochbogen erscheinen stark abstehend. Die Mahlzähne sind breitkronig und höckerig. Sie erinnern an die der ältesten, schweineartigen Hufthiere und an die der Bären. Dies deutet noch auf omnivore Lebensweise. *Arctocyon primaevus* Mey. war ein Thier von der Grösse eines Wolfes und fand sich im unteren Eocän von La Fère (Dept. Aisne).

Pterodon und *Hyaenodon* sind ebenfalls solche Mischformen. Sie schliessen sich den Thylacinen von Australien an. Sie besitzen Reisszähne. Arten im oberen Eocän und dem unteren Miocän von Frankreich. *Hyaenodon* findet sich auch häufig im Miocän von Nord-Amerika östlich von den Rocky Mountains.

Die jüngeren tertiären und die heute lebenden Raubthiere lassen sich mit Leichtigkeit in die 6 Familien *Ursidae*, *Mustelidae*, *Viverridae*, *Canidae*, *Hyaenidae* und *Felidae* eintheilen. Aber aus den älteren und mittleren Tertiärschichten schalten sich zwischen sie noch mancherlei Mittelglieder ein, welche Uebergänge von einer zur anderen Familie darstellen und deren Ursprung aufdecken helfen. So vereinigen die Gattungen *Hyaenarctos* und *Amphicyon* Charaktere von Ursiden und Caniden. Wir können von diesen Raubthier-Familien nur drei hier näher erörtern.

Die Familie der Ursiden oder Bären, *Ursidae*, begreift Raubthiere mit Omnivoren-Gebiss — gemischter Nahrung entsprechend — sie fressen auch häufig Früchte, Wurzeln u. dergl. Lücken- und Backenzähne zusammen weniger als 7 in jedem Kieferast. Lückenzähne (2—3—4) fallen oft früh aus. Der Höhlenbär, *Ursus spelaeus*, erscheint auch ohne Lückenzähne, oft schon in noch jungen Thieren. Der Reisszahn ist wenig ausgeprägt, ziemlich stumpf und einem Höckerzahne ähnlich. Die drei Molaren (1—3) sind stumpfhöckerig. Die Bären sind Sohlengänger, Vorder- und Hinterfüsse noch fünfzehig.

Die Gattung *Hyaenarctos* aus dem Miocän von Frankreich und Ost-Indien hat breitere Höckerzähne als *Ursus*. Lückenzähne und Backenzähne zusammen

nur 5, also weniger als bei *Ursus*. *Hyaenarctos* ist darnach auch kein eigentlicher Vorfahre der Bären, sondern stellt eine seitliche Abzweigung dar.

Die Gattung *Ursus* beginnt im oberen Pliocän mit *Urs. Arvernensis* Croiz., aus dem Tuffe von Puy de Dome, *Urs. Etruscus* Cuv., vom Arno-Thal u. a. O. Im Miocän ist *Ursus* noch nicht vertreten, weder in Europa noch in Nord-Amerika. In letzterem Gebiete mögen sie späte Einwanderer sein, sind aber von da gleichwohl noch nach Süd-Amerika vorgedrungen.

Die Familie der Caniden oder Hunde, *Canidae*, begreift die Hunde, Wölfe, Füchse u. s. w. Sie sind Zehengänger, *Digitigrada*. Vorderfüsse mit 5, Hinterfüsse mit 4 Zehen. Die Krallen sind nicht zurückziehbar. Gebiss aus 42 Zähnen bestehend, je drei Schneidezähne, ein Eckzahn, Prämolare oben 3, unten 1, dahinter ein Reisszahn und je zwei Molare. Oberer Reisszahn zweispitzig, unterer dreispitzig. Die zwei Molare sind höckerig.

Die Gattung *Amphicyon* aus dem Miocän von Ulm, Sansan u. a. O. vereinigt Charaktere der Ursiden und Caniden, steht aber den letzteren schon näher. Gleichwohl sind es noch Plantigraden. Schädel und Gebiss kommen mit denen der Caniden im Allgemeinen überein. Lückenzähne und Backenzähne zusammen 7 wie bei den Bären, die Molare sind breit und stärker entwickelt als bei den Caniden. Der Oberkiefer trägt auch einen mehr als bei letzteren. Der Reisszahn ist wohl entwickelt. *Am. giganteus* Blainv., erreichte die Grösse eines Wolfes. Andere Arten fanden sich im Miocän von Nord-Amerika.

Typische *Canis*-Arten dürften in Europa und Nord-Amerika beiläufig mit dem Pliocän anheben, wenn nicht schon im Miocän. Aus letzterem Gebiete gelangten deren nach der Pliocän-Zeit auch nach Süd-Amerika und bis auf die Falklands-Inseln (vergl. pag. 113, Anmerk.).

Die Familie der Feliden oder Katzen, *Felidae*, begreift die am höchsten gesteigerte Form der Raubthiere, sie gehen nur auf warmblütige Thiere aus. Es sind Zehengänger mit scharfen zurückziehbaren Krallen. Vorn 5, hinten 4 Zehen. Das Gebiss zeigt jederseits 3 Schneidezähne, 1 Eckzahn, 2 Prämolare, 1 Reisszahn und oben einen, unten keinen Molar. Die ganze Zahl ist 30.

Die Gattung *Felis* zeigt sich gut ausgeprägt schon im Miocän von Europa, dann im Pliocän der Rocky Mountains in Nord-Amerika, nach dem Pliocän auch in Süd-Amerika angelangt. Die ausgezeichnetste Art ist der in Europa spät erloschene und vielleicht erst vom Menschen ausgerottete Höhlenlöwe oder Höhlentiger, *Felis spelaea* Goldf., der Löwe und Tiger an Grösse noch übertraf. Er findet sich in Europa häufig in diluvialen Knochenhöhlen (Muggendorf), sowie auch im Kalktuff von Cannstatt u. a. O. — Vergl. pag. 106.

Unter den erloschenen Feliden-Gattungen ist *Machaerodus* (gr. *machaira*, Messer), nach Bau, Grösse und Verbreitung die merkwürdigste. Diese Gattung übertrifft die lebenden Feliden noch an carnivorer Ausprägung des Gebisses. Namentlich sind die Eckzähne des Oberkiefers überaus mächtig entwickelt. Sie sind zusammengedrückt, fast säbelartig herabhängend, oft auch an den Kanten feingezähnelt. Die Zahl der Backenzähne ist verringert (1 Prämolar oben und 2 unten, 1 Reisszahn, ein Molar oben, keiner unten), die Zahl aller Zähne 26. Die Arten erreichten die Grösse des heutigen Löwen. Die weite Verbreitung deutet auf einen behenden Räuber und Wanderer.

Nach O. C. Marsh ist *Machaerodus* nicht selten im mittleren Miocän zu beiden Seiten der Rocky Mountains. In Europa ist dieselbe Gattung durch andere Arten im unteren Pliocän von Eppelsheim und von Pikermi vertreten,

desgleichen in Ost-Indien im Tertiärlager der Sivalik-Berge. Sie erlöscht in Europa mit dem Forest-bed von England. In Amerika erhält sie sich etwas länger. *Mach. neogaeus* Ow., findet sich noch in Knochenhöhlen von Brasilien und im Lehm der Pampas. Offenbar ist diese Art in Süd-Amerika ein Einwanderer aus dem Norden, der zu Ende der Pliocän-Epoche im Gefolge von Edentaten, Pferden, Mastodonten u. s. w. über Darien nach Süden zog. Man hat über das Erlöschen von *Machaerodus* die Hypothese aufgestellt, die zunehmende Länge der oberen Eckzähne habe schliesslich die Sperrweite des Rachens überschritten und somit das Thier benachtheiligt.

An die Ordnung der Raubthiere schliesst sich die der Pinnipedier oder Flossenfüsser, *Pinnipedia,* zunächst an und sie dürften eine frühzeitig entstandene Abzweigung derselben darstellen, worüber die Schwimmfüsse der Fischotter *(Lutra)* und der Seeotter *(Enhydris)* noch Fingerzeige gewähren.

Es sind Seesäugethiere, dem Wasserleben angepasste Raubthiere mit fünfzehigen bekrallten Schwimmfüssen. Hintergliedmaassen wagerecht nach hinten gerichtet. Kopf klein und rundlich. Gebiss carnivorenartig. Die Eckzähne mehr oder minder stark und hakig. Backenzähne untereinander fast gleichgestaltet, dreizackig oder mehrzackig, den Lückenzähnen der Landraubthiere ähnlich. Nur der letzte Backenzahn ist zweiwurzelig.

Die *Pinnipedia* zerfallen in zwei Familien *Phocidae* und *Trichecidae.*

Bei der Familie der Seehunde, *Phocidae,* sind die Eckzähne zwar stark entwickelt, sie ragen aber nicht aus dem Rachen hervor. Hierher gehören die Gattungen *Phoca, Otaria* u. a. *Phoca* zeigt sich nur selten fossil und beginnt im Miocän.

Die Familie der Walrosse, *Trichecidae,* begreift nur eine Gattung in beiden Polarmeeren. Ihr Oberkiefer trägt zwei starke abwärts gerichtete weit herabhängende Stosszähne. Es sind wurzellose Eckzähne. *Trichecus rosmarus* bewohnt das nördliche Eismeer. Fossile Reste von *Trichecus* sind selten und finden sich nur in jüngeren Tertiärablagerungen.

Die Pinnipedier sind allem Anschein nach ein dem Aufenthalt im Meere angepasster Zweig der Landraubthiere, welcher von irgend einer der primitiveren Formen, wie man deren im Eocän kennt, ausgegangen sein mag. Eine Erläuterung der Umbildung eines landbewohnenden Raubthieres zum flossenfüssigen Meeresbewohner liefert zur Genüge die eigenthümliche Mittelstellung der Fischotter, *Lutra,* in Mittel- und Süd-Europa und der Seeotter, *Enhydris,* im Meere an Californien und Ost-Sibirien (Fam. *Mustelidae).* Ihre Zehen sind durch Schwimmhäute verbunden und ihre Körpergestalt der der Phoken ähnlich. Letztere mögen durch einen ähnlichen Anpassungsvorgang aus irgend einer anderen Gattung der Landraubthiere entstanden sein.

Ein weiterer Abstand scheidet die Wale von den Pinnipediern, aber gleichwohl scheint es, dass auch die Wale in einer oder der anderen Weise von Landraubthieren abstammen.

Die Ordnung der Cetaceen oder Wale, *Cetacea,* begreift Seesäugethiere, auch wohl Flussbewohner von fischartiger Körpergestalt. Ihr Kopf ist vom Rumpfe äusserlich nicht abgesetzt, der Hals kurz und dick, der Schwanz flossenartig und wagrecht verbreitert.

Die Vordergliedmaassen sind verkürzt und flossenähnlich. Sie sind meist fünffingerig und die Finger zum Theil mit zahlreichen Phalangen versehen. Bei anderen sind sie vierfingerig. Finger ganz in Knorpel und Haut eingeschlossen.

Die Hinterglieder sind geschwunden. Das Becken besteht nur aus zwei freien länglichen Knochen. (Keine Kreuzbein-Verwachsung.)

Der Kopf ist theils mässig gross (bei den Delphinen), theils ungeheuer gross (bei *Physeter* und den Bartenwalen). Letzteres beruht auf der starken Verlängerung der Gesichtsknochen und des Rachens, namentlich ist auch der Zwischenkiefer ausserordentlich gestreckt. Meist ist der Schädel auch merklich asymmetrisch, die Knochen der rechten Seite meist stärker entwickelt. Selten erstreckt sich dies auf den Unterkiefer. Noch zu bemerken ist das Felsenbein, es ist sehr dicht und schwer und mit den übrigen Theilen des Schläfenbeines nicht fest verwachsen, wird mit der Fäulniss frei und findet sich fossil im red Crag von Suffolk. Die Bezahnung ist bei den verschiedenen Familien der Wale sehr verschieden und geht von der grössten Zahnzahl bis zur letzten Verkümmerung.

Die lebenden Wale zerfallen nach der Bezahnung in zwei Unterordnungen, Zahnwale und Bartenwale. Erstere sind primitiver. Noch primitiver sind die erloschenen Zeuglodonten, sie verknüpfen die Delphine (Zahnwale) mit den Phoken oder einer anderen Form der Vierfüsser. Die Bartenwale sind das letzte Glied einer langen Umwandlungsreihe von Landbewohnern in fischförmige Meeresbewohner, die tiefer eingriff als bei den Phoken.

Die Zeuglodonten oder Jochzähner, *Zeuglodontia* (gr. *zeugle*, Joch), sind eine erloschene, im oberen Eocän und im Miocän von Nord-Amerika und Europa vertretene Abtheilung der Seesäugethiere, die sich in der Bezahnung an die *Pinnipedia*, besonders an die Phoken nahe anschliesst und den Uebergang zu den Delphinen vermittelt.

Der Skelett-Bau kommt am meisten mit dem der Delphine überein. Der Schädel ist dem der Phoken ähnlich. Die Halswirbel sind noch nicht so verkürzt wie bei anderen Walen. Vordergliedmaassen kurz und flossenförmig mit freien beweglichen Fingern; Hinterglieder fehlen.

Bezahnung am meisten an die Phoken erinnernd. Die vorderen Zähne sind einfach kegelförmig und einwurzelig. Die hinteren Zähne sind zweiwurzelig mit zusammengedrückter, an den Kanten sägeartig gekerbter Krone — also vom Charakter der Prämolare der Carnivoren und der Backenzähne der Pinnipedier.

Die Zeuglodonten nehmen darnach überhaupt eine Mittelstellung zwischen Phoken und Delphinen ein, und dies muss zur Vermuthung leiten, dass sie von einer älteren primitiveren Form der Phoken abstammen — oder von ähnlichen primitiven Carnivoren ausgingen.

Hierher die Gattungen *Zeuglodon* und *Squalodon*.

Zeuglodon cetoides Ow. aus dem oberen Eocän von Alabama (Clarke county) erreichte eine Länge von 60—70 Fuss, 20—30 Meter und es ist ein vollständiges Skelett gefunden worden. Körper langgestreckt fischförmig mit ziemlich kleinem und flachem Kopf und kurzem Hals. Die hinteren zweiwurzeligen Zähne sind in der Mitte stark verengt — durch zwei starke senkrechte Einfurchungen eingeschnürt und an der Basis der Krone nur durch eine schmale Brücke noch miteinander verbunden.

Squalodon aus dem Miocän von Europa (Bordeaux, Linz u. a. O.) steht zwischen *Zeuglodon* und den Delphinen. Schädel dem der Delphine ähnlicher, auch die hinteren Zähne häufig einwurzelig. Zahnzahl zusammen 30.

Die Unterordnung der Zahnwale, *Delphinodea*, zu der namentlich als Typus und Vertreter der Stammform die Delphine gehören, begreift Wale mit meist mässig gestrecktem Kopf und mit vielen einfachen kegeligen Zähnen.

Es sind meist schlank fischförmige Gestalten von sehr behenden Bewegungen. Die Delphine führen in beiden Kiefern — in verschiedener Anzahl und oft ganz gleicher Gestalt — kleine kegelige Zähne, die in eigene Höhlungen eingekeilt sind. Bei einigen Delphinen ist die Zahl der Zähne grösser als bei allen anderen Säugethieren. So hat *Delphinus delphis* im Atlantischen Meer 180—188 Zähne, *Delph. longirostris* im Indischen Meer zusammen sogar 220—240.

Die Vorderfüsse der Zahnwale sind meist fünffingerig, die drei mittleren Finger meist stärker und reicher an Phalangen, der erste und fünfte dagegen mehr verkümmert.

Die Zahnwale zerfallen in mehrere Familien, von denen die Delphiniden *Delphinida* mit der Gattung *Delphinus* das primitivste Gepräge trägt. Von ihnen beginnen im Miocän *Delphinus*, *Ziphius* u. a. Häufiger sind die Funde im Pliocän und in quartären Meeresablagerungen. In Nord-Amerika sind die Delphiniden sowohl im Miocän der Atlantischen, als auch dem der Pacifischen Region gut vertreten.

Die Bartenwale, *Balaenodea*, sind die am höchsten gesteigerten und fast monströs zu nennenden Formen der Wale mit ungeheuer grossem Kopf und zahnlosen Kiefern.

Der Oberkiefer trägt herabhängende, parallel stehende Querplatten oder Barten — sogen. Fischbein, engl. *whalebone*. Diese Barten dienen den Walen zur Abseihung der mit dem Meereswasser zusammen aufgenommenen, aus allerlei kleinen Thieren (z. B. Pteropoden) bestehenden Nahrung. Höchstens gehen sie auch noch sehr kleinen Fischen nach. Bei Embryonen von Walen finden sich in einer Rinne des Kiefers noch kleine Zähnchen, die nie in Verrichtung treten. Sie verschwinden später wieder, durchbrechen das Zahnfleisch nie. Diese embryonale Bezahnung erweist die Abstammung der Bartenwale von bezahnten Walen. Die Hand in den Brustflossen hat entweder noch fünf oder nur vier Finger.

Hierher gehören die Gattungen *Balaena*, *Balaenoptera* u. a. Unter ihnen kommen die riesigsten aller Formen des Thierreiches vor. Der gemeine oder grönländische Wal, *Balaena mysticetus*, erreicht zwar nach SCORESBY nur 60 bis 65 Fuss Länge, 19—21 Meter, aber von *Balaenoptera* werden 100 Fuss, 30 Meter Länge angegeben.

Die ältesten Reste von Bartenwalen fanden sich im Pliocän von Antwerpen und von Oberitalien. Weiter geht auch ihr ältestes geologisches Vorkommen in Nord-Amerika nicht zurück.

Man kann die Bartenwale als eine der am spätesten entstandenen Hauptgruppen der Säugethier-Klasse betrachten. Sie scheinen auch um eine Stufe später als die Zahnwale aufzutauchen. Für die Abstammung der Bartenwale von anders gearteten mit einem wahren Gebiss ausgestatteten Vorfahren spricht aber der Umstand, dass ihre noch ungeborenen Embryonen in ihrem Kiefer Rudimente wahrer Zähne besitzen — die allerdings schon bald darnach wieder aufgelöst werden. Die Entwicklungsreihe ist auch hier wie in anderen Fällen (z. B. bei Schildkröten und Vögeln) durch Verarmung der Bezahnung bezeichnet.

Die Ordnung der Insectivoren oder Insektenfresser, *Insectivora*, zu denen die Spitzmäuse, *Soricidae*, die Maulwürfe, *Talpidae*, die Igel, *Erinaceidae* u. s. w. gehören, hat zwar mit den fleischfressenden Raubthieren, *Carnivora*, einige Analogie in Lebensweise und Gebiss, sie schliesst sich aber näher an die insektenfressenden Marsupialien an und können von diesen auch abstammen.

Es sind heutzutage meist kleinere Thiere mit einem durch Reichthum an Spitzen ausgezeichnetem Gebiss, das dem Zerbeissen von harthäutigen Insekten u. dergl. entspricht. Schneidezähne klein und scharf. Eckzähne spitz, oft kurz oder verkümmert. Prämolaren einspitzig-kegelförmig, gewöhnlich 3—4; (Reisszähne fehlen). Molare ziemlich breit, mehrspitzig, mit scharfen Spitzen, gewöhnlich 3—4. Das Vordergebiss ändert sehr ab. Die Füsse sind mit Krallen versehen und meist fünfzehig.

Fossile Reste von Insectivoren kommen in Europa erst im oberen Eocän vor, häufiger im Miocän, in Nord-Amerika beginnen sie im mittleren Eocän. Es sind bereits wohl ausgebildete Insectivoren, höchstens könnte man bei ihnen noch über marsupiale oder placentale Natur in Zweifel bleiben.

Jedenfalls ist der insectivore Säugethier-Typus überhaupt der älteste im geologischen Archiv. Er reicht bis in den Keuper zurück, in welchem Unterkiefer und Zähne von insectivoren Marsupialen, wenn nicht Monotremen (*Dromatherium*, *Microlestes* u. s. w.) die Reihe der Säugethiere eröffnen. Es hat darnach auch viel für sich, der Vermuthung zu folgen, dass die placentalen Insectivoren unmittelbar aus ihren marsupialen Verwandten, wie wir sie namentlich aus den jurassischen Fundorten Stonesfield und Purbeck kennen, hervorgegangen sind. Das Problem ist hier also beiläufig dasselbe wie bei den Hufthieren und bei den Raubthieren.

An die vorige Ordnung schliesst sich die der Chiropteren oder Handflügler, Fledermäuse, *Chiroptera*, nahe an, namentlich nach dem Gebiss.

Die Chiropteren sind auch wohl aus ihnen durch Uebergang von der kletternden zur fliegenden Lebensweise hervorgegangen. Hierbei fand die Ausbildung einer Flughaut statt. Zugleich verlängerten sich die Finger der Vordergliedmaassen und die Ausdehnung der Flughaut ging bis zu den Hinterbeinen und dem Schwanz. Diese Umbildung fand schon frühe statt — vielleicht schon in der Kreide-Epoche. Wenigstens sind im Eocän die Fledermäuse schon völlig ausgebildet und zwar sowohl in Europa als auch in Nord-Amerika.

Cuvier beschrieb schon aus dem obereocänen Gyps des Montmartre, Paris, eine deutliche Fledermaus-Art *Vespertilio parisiensis*. Sie gleicht an Grösse, Zahl und Form der Zähne der lebenden Art *Vesp. serotinus* Daub. Es ist *Serotinoides antiquus* Blainv.

Soviel von den ächten insectivoren Chiropteren. Es giebt auch noch früchtefressende in Ost-Indien und auf den Sunda-Inseln, *Frugivora*, mit stumpfhöckerigen Backenzähnen. Sie mögen wohl anderer Abkunft sein und sind in fossilem Zustand noch nicht vorgekommen.

Die Ordnung der Nagethiere oder Nager, *Rodentia* mit den Eichhörnchen, Mäusen, Stachelschweinen und Hasen scheint gleich wie die der Insectivoren unmittelbar von einer der Ordnungen der Marsupialien abzustammen.

Diese Ordnung ist an Familien, Gattungen und Arten in der heutigen Fauna sehr zahlreich vertreten. Sie ist besonders ausgezeichnet durch die starke Entwicklung ihrer fast halbkreisförmig gebogenen und beständig nachwachsenden Schneidezähne, sie sind wurzellos und bleiben vorn immer meiselförmig. Eckzähne fehlen, an deren Stelle erscheint eine weite Lücke. Dahinter folgen je 2—6 Backenzähne. Diese sind entweder mit queren Schmelzfalten bedeckt oder zeigen eine höckerige Kaufläche.

Der Nagethier-Typus, besonders nach der Entwickluug stetig nachwachsender Schneidezähne, erscheint schon bei Beutelthieren, besonders beim Wombat *Phascolomys* (Fam. *Phascolomyidae*, vergl. pag. 194) ausgebildet. Dies weist auf

die Zeiten von Jura und Kreide zurück, damals mögen die Nager von Beutelthieren, die dem lebenden Wombat nahe standen, ausgegangen sein.

Im Eocän ist der Typus der placentalen Nager schon ausgeprägt, wiewohl ihr Gebiss damals noch mehr den omnivoren Charakter trug, als bei den meisten lebenden.

In Nord-Amerika beginnen sie schon in den Süsswasserabsätzen des unteren Eocän (Coryphodon beds) mit ziemlich vielen Funden. Alle eocänen Nager sind von kleiner Gestalt und die grössten Arten sind beiläufig von der Grösse eines Kaninchens. Die ältesten bekannten Arten beziehen sich, wie es scheint, bis jetzt alle auf Eichhörnchen. Die häufigste Gattung ist *Sciuravus*.

In Europa kennt man Reste von Nagern vom oberen Eocän an. Eine Sciuriden-Gattung *Pseudosciurus* fand sich im Bohnerz der schwäbischen Alb. Ein *Myoxus* fand sich im Gyps des Montmartre.

Die Ordnung der Prosimier oder Halbaffen, *Prosimiae*, die gewöhnlich und vielleicht mit Recht als Stammesvorfahren der Affen gelten, steht anscheinend am nächsten im Anschluss an die Insektenfresser und die Nager. Doch deuten die geologisch älteren Vertreter auf andere Abkunft — nämlich von Hufthieren.

Diese Thiere sind alle Baumbewohner und meist Früchtefresser, gehen aber auch wohl gelegentlich Insekten und kleinen Vögeln nach. Ihr Gebiss kommt im Allgemeinen dem der Insectivoren am nächsten, in anderen Fällen wird es dem der Nager ähnlich. Die Vorderfüsse wie die Hinterfüsse besitzen fünf Finger. Der Daumen ist meist entgegenstellbar. Die letzten Phalangen tragen meist Plattnägel, in anderen Fällen Krallen. Die Augenhöhle, *orbita*, ist noch nicht ganz geschlossen wie bei den Affen.

Die Prosimier leben heute meist auf der nach ihrer Landfauna eigenthümlich abgeschlossenen Insel Madagaskar, wo namentlich die Familie *Lemuridae* allein vertreten ist. Andere Prosimier finden sich versprengt in Süd-Asien (Ceylon und Sunda-Inseln) und in West-Afrika.

In Europa und Amerika fehlen derzeit die Prosimier, erscheinen aber hier in den älteren Tertiärablagerungen vertreten. Darunter sind Gattungen, die auf eine Abstammung von noch älteren Ungulaten mit bunodonter Bezahnung deuten.

Unter dem Namen *Adapis parisiensis* beschrieb Cuvier einen Schädel von einem Umriss wie der des Igels, aber um ein Drittel grösser und mit einem Gebiss von 42 Zähnen, welches an das der älteren Ungulaten, z. B. der Anoplotherien erinnert. Er stammt aus dem obereocänen Gyps von Paris. Die Backenzähne sind höckerig wie bei den Bunodonten. Man betrachtet neuerdings diese Gattung *Adapis* als ein Uebergangsglied von den Hufthieren zu den Prosimiern.

Necrolemur aus dem obereocänen Phosphorit von Quercy ist nach Schädel und Gebiss bereits ein ächter Lemuride.

Prosimier von primitivem Charakter finden sich im unteren Eocän von Nord-Amerika und deuten auf ältere Ungulaten zurück. Von diesen hat die Gattung *Lemuravus* noch die volle Zahl von 44 Zähnen. Sie bilden im Oberkiefer wie im Unterkiefer noch eine zusammenhängende Reihe. Das Skelett gleicht nach O. C. Marsh am meisten dem der Lemuren. *Limnotherium* aus demselben Lager hat 40 Zähne. Mittelformen zwischen den Lemuren und den Affen finden sich auch noch in den nächsten Stufen des Tertiärsystems von Nord-Amerika und verlieren sich dann.

Den Prosimiern schliesst sich mehr oder minder nahe die Ordnung der

Affen, *Simiae*, an. Dies ist die höchste Ordnung der Säugethier-Klasse und ihren am höchsten stehenden Formen, den ungeschwänzten schmalnasigen Affen oder Anthropoiden reiht sich unzweifelhaft der Mensch an und er ist auch allen Anzeichen nach unmittelbar aus ihnen hervorgegangen.

Von den Prosimiern unterscheiden sie die geschlossenen Augenhöhlen, *orbitae*. Die Vordergliedmaassen tragen Hände, die Hintergliedmaassen meist Greiffüsse — worin sie den Prosimiern sich anreihen.

Vierhänder, *Quadrumana*, nannte BLUMENBACH die Affen im Gegensatz zum Menschen, für den er eine besondere Ordnung Zweihänder, *Bimana*, aufstellte. Diese Unterscheidung gründete er auf die handartige Gestaltung der Hinterfüsse der Affen und die stärkere Verschiedentlichung von Händen und Füssen beim Menschen. Aber im Bau der sogen. Wurzel (*carpus* und *tarsus*) weichen auch die Hände von den zu Greiffüssen ausgebildeten Hinterfüssen derselben ab. Der Greiffuss des Affen ist keine Hand, sondern nach seiner anatomischen Grundlage immer noch ein wahrer Fuss. Die Affen sind also ebensogut *Bimana* als der Mensch.

Die Affen überhaupt bis zu den grossen Anthropoiden sind Bewohner tropischer und subtropischer Gegenden in Süd-Amerika, Afrika und Süd-Asien, Früchtefresser, welche in dichten Waldungen saftige und nahrhafte Früchte, namentlich auch von Palmen, aufsuchen. Ihre breiten Backenzähne mit stumpfhöckeriger Krone entsprechen einer solchen Lebensweise. Aber manche fressen gelegentlich auch Insekten u. dergl.

Sie zerfallen in drei Unterordnungen, *Arctopitheci*, *Platyrhinae* und *Catarhinae*, beide ersten die Affen der neuen Welt darstellend, die letzteren dagegen nur in Asien und Afrika einheimisch, eine geographische Scheidung, die auch schon bei den fossilen Vertretern sich geltend macht und offenbar sehr alt ist.

Die Unterordnung der Krallenaffen, *Arctopitheci*, *Hapalidae*, begreift einige kleine südamerikanische Affen, bei denen die 5 Finger der Hand und die 4 äusseren des Fusses Krallen tragen und nur der Daumen des Fusses mit einem Plattnagel bedeckt ist. Zähne 32 (incis. 2, can. 1, praemol. 3, mol. 2). Aus dieser nur 2 lebende Gattungen in Süd-Amerika zählenden Gruppe werden 2 Arten *Jacchus* aus Höhlen von Brasilien angeführt, sonst weiss man nichts von ihrer geologischen Geschichte.

Belangreicher ist die zweite Unterordnung der Affen der neuen Welt. Es sind die Platyrhinen oder Plattnasen, *Platyrhinae*. Sie haben eine breite Nasenscheidewand und die Nasenlöcher sind seitwärts gedrückt. Die Finger sind sämmtlich mit flachen Nägeln versehen. Alle sind langgeschwänzt, einige haben einen Wickelschwanz. Die Zahnzahl ist 36 (incis. 2, canin. 1, praemol. 3, mol. 3). Sie besitzen noch einen Lückenzahn mehr als die Affen der alten Welt und der Mensch.

Die Platyrhinen bewohnen heute nur die Waldungen des tropischen Süd-Amerika, die ihnen Nahrung und Schutz gewähren.

Sie bewohnten auch in der Tertiärperiode die alte Welt nicht, nur fanden sich im obereocänen Bohnerz von Egerkingen (Schweizer Jura) Zähne, die einer Mittelform zwischen Lemuren und Platyrhinen entsprechen. Dies ist *Caenopithecus lemuroides* RÜT.

In Nord-Amerika finden sich mehr solcher Mittelformen im Eocän. *Laopithecus* aus dem mittleren Miocän (*Oreodon beds*) von Nebraska vermittelt eben-

falls noch zwischen primitiven Prosimiern *(Limnotherium)* und südamerikanischen Affen.

Aus den pliocänen und pleistocänen Ablagerungen von Nord-Amerika kennt man bis jetzt noch keine Reste von Affen. Es scheint aber, dass gegen Ende der pliocänen Epoche ein Theil der nordamerikanischen Affen-Fauna — über die nach O. C. MARSH damals neu eröffnete Landenge von Darien — ihren Einzug in Süd Amerika hielt und hier eine neue Heimstätte sich gewann. Reste von erloschenen Arten heutiger Platyrhinen-Gattungen finden sich häufig in den Bodenabsätzen der Knochenhöhlen von Brasilien. Dazu kommt hier noch eine erloschene Gattung *Protopithecus* mit einer grossen Art *Prot. Brasiliensis* LUND, welche 4 Fuss Höhe (1,3 Meter) erreicht haben soll.

Die höchste der drei Unterordnungen der Affen sind die Catarhinen oder Schmalnasen, *Catarhinae*, mit den Anthropoiden, die weiterhin zum Menschen überleiten. Sie sind gleich wie auch der Mensch Kinder der alten Welt. Sie haben eine schmale Nasenscheidewand und ihre Nasenlöcher verlaufen nach unten, ebenfalls wie beim Menschen. Alle Finger führen flache Nägel. Alle haben dieselbe Zahnzahl 32 wie der Mensch, nämlich oben wie unten in jedem Kieferast 2 Incisiven, 1 Canine, 2 Prämolare, 3 Molare. Sie sind Waldbewohner in Süd-Asien und Afrika. In Europa finden sie sich in miocänen und pliocänen Schichten fossil vertreten (bei Gibraltar eine afrikanische Art verwildert). Die Catarhinen sind theils geschwänzte, theils ungeschwänzte. Von ersteren kennt man ziemlich viele Arten fossil in Europa und Ost-Indien.

Zwischen geschwänzten Affen *(Semnopithecus)* und ungeschwänzten *(Hylobates)* vermittelt die Gattung *Mesopithecus*. Eine Art *M. Pentelicus* WAGN. aus dem unteren Pliocän von Pikermi bei Athen ist in vollständigen Skeletten bekannt, sie ist noch langgeschwänzt.

Zu den ungeschwänzten oder menschenähnlichen Affen, Anthropoiden, *Anthropoides*, gehören in der heutigen Fauna zwei Afrikaner, der Gorilla und der Schimpanse und mehrere Süd-Asiaten, der Orangutan, der Gibbon *(Hylobates)* u. a.

Man kennt auch einen Anthropoiden fossil aus der mittleren Tertiär-Bildung von Süd-Europa. Dies ist der *Dryopithecus Fontani* LARTET aus dem oberen Miocän von St. Gaudens (Dept. der Haute Garonne) i. J. 1856 entdeckt. Man kennt von ihm namentlich einen Unterkiefer mit Zähnen, auch ein Stück des Oberarmes, *humerus*. Er stand dem Gibbon *(Hylobates)* nahe.

Der Mensch, *Homo sapiens* L. unterscheidet sich von den lebend vertretenen Anthropoiden-Gattungen besonders durch die kleinen die übrige Bezahnung kaum überragenden Eckzähne, die breitsohligen und kurzzehigen Füsse, den aufrechten Gang, die Sprache und eine Reihenfolge geistiger Fähigkeiten.

Er ist nach dem Bau seines Körpers und nach seiner individuellen Entwicklung vom Ei'chen zur Reife unbezweifelt ein Glied des Wirbelthierreichs und es ist auch seit langer Zeit, namentlich seit LINNÉ's Thiersystem ausser Zweifel, dass er seine nächsten Verwandten unter den Affen hat. Schon LINNÉ vereinigte den Menschen mit den Lemuren und Affen in derselben Ordnung *Primates*, die Obersten. Er hat dieselbe Zahnbildung wie die Catarhinen oder Affen der alten Welt, die in Asien und Afrika einheimisch, auch in Europa durch fossile Reste vertreten sind, dessgleichen dieselbe Nasenbildung, dieselbe Gestaltung der Nägel an Fingern und Zehen (Kuppennägel) und ist überhaupt der nächste Verwandte und höher entwickelte Nachfolger. Es folgt daraus, dass der Mensch aus dem Stammbaum der altweltlichen Affen hervorgegangen ist. Seine Stammart wird

freilich keine der heute lebenden Affen-Arten gewesen sein, eher eine seither wieder erloschene menschenähnliche Art.

In dieser Hinsicht sind wir zunächst auf die ungeschwänzten Catarhinen oder Anthropoiden angewiesen, also den Gorilla und Schimpanse von Afrika, den Orangutan und den Gibbon von Süd-Asien. Ihnen schliesst sich der Mensch zunächst an. Seine Stammart wird aber auch keine dieser heute noch lebenden Anthropoiden-Arten gewesen sein, sondern vielmehr eine erloschene und noch menschenähnlichere Form, deren Möglichkeit durch den im Miocän von Süd-Frankreich fossil gefundenen *Dryopithecus* bekräftigt wird.

Diese Ergebnisse der neueren Wissenschaft in Bezug auf die natürliche Stellung des Menschen und seine muthmaassliche Abkunft von einer Affenart haben in zahlreichen Kreisen, die an der mosaischen Genesis — Erschaffung des Menschen aus Erde und Wasser und Belebung durch den Hauch Gottes — festhalten, lebhafte Missbilligung gefunden. Aber die mosaische Schöpfungsgeschichte gehört nicht zu den naturwissenschaftlichen Documenten, sondern zur Mythologie der alten Culturvölker von Aegypten, Babylonien und Assyrien. In dieser findet man auch ihre ursprünglichen Wurzeln wieder. Noch erhaltene altägyptische Bildwerke zeigen uns den widderköpfigen Schöpfergott Kneph, wie er auf der Töpferscheibe Menschen aus Thon formt. Solche alte Mythen und symbolische Bilder dürfen der naturwissenschaftlichen Theorie nicht den Weg sperren.

Welcher Theil der Erde der Herd der ersten Entstehung des Menschen war — ob er etwa um die miocäne Epoche in der damals noch eines milden Klima's sich erfreuenden Nordpolarregion entstand — oder ob er ein Kind der warmen Zone von Asien oder von Afrika ist, lässt sich zur Zeit noch nicht feststellen.

In Mittel-Europa wanderte der Mensch erst während der Diluvial-Epoche ein, vielleicht erst mit der beginnenden Milderung des Klima's der Glacialzeit. Aeltere Spuren bleiben noch in Zweifel. Vergl. Artikel Quartärsystem pag. 109.

Man kennt aus diluvialen Schichten, namentlich aus Lehm und aus Knochenhöhlen zahlreiche Funde des diluvialen Menschen und seiner aus Stein, Knochen und Geweihen gefertigten Waffen und Geräthe. Es sind darunter verschiedene Stämme vertreten, die namentlich im Längen- und Breiten-Verhältniss des Schädels auseinander gehen. Es sind unter ihnen vielleicht Vertreter eines mehr den Lappen und Samojeden und eines zweiten mehr den Eskimo's verwandten Stammes, die jedenfalls aber beide der schlichthaarigen Rasse angehörten. Auch kamen sie offenbar aus Asien herüber, während andere Stämme beiläufig um dieselbe Zeit aus Asien nach Nord-Amerika gelangt sein mögen.

Der Mensch lebte in Mittel-Europa noch zusammen mit einer Anzahl grosser erloschener Säugethier-Arten, deren Erlöschen theilweise auf klimatischen Aenderungen beruhen mag, theilweise aber auch eine Folge seiner unablässigen Nachstellungen war. Dahin gehören namentlich: Der Mammuth oder wollhaarige Elephant, *Elephas primigenius* BLUM. — das wollhaarige sibirische Nashorn, *Rhinoceros tichorhinus* CUV. — ein Flusspferd, *Hippopotamus major* CUV. — das Riesenelenn, *Cervus euryceros* ALDR. (*Megaceros hibernicus* OW.) — der Höhlenlöwe oder Höhlentiger, *Felis spelaea* GOLDF. — der Höhlenbär, *Ursus spelaeus* ROSENM. — die Höhlenhyäne, *Hyaena spelaea* GOLDF. — Das hauptsächlichste Jagdwildpret des damaligen Menschen in Mittel-Europa waren das Rennthier, *Cervus tarandus* L. und das Pferd, *Equus caballus* L. Er besass noch kein Hausthier.

Vom amerikanischen Menschen nimmt O. C. MARSH an, dass er ebenfalls aus Asien stammt, aber schon in der Pliocän-Epoche zusammen mit Mastodonten, Elephanten u. s. w. in Nord-Amerika einzog. Vergl. pag. 114.

E. HÄCKEL, Natürliche Schöpfungsgeschichte. Berlin. 1868. — Edit. VII. Berlin. 1879. — R. OWEN, Palaeontology. Edinburgh. Edit. II. 1861. — A. D'ARCHIAC, Leçons sur la Faune quaternaire. Paris. 1865. — O. C. MARSH, Introduction and succession of vertebrate life in America. New York. 1878. — R. HÖRNES, Elemente der Paläontologie (Paläozoologie). Leipzig. 1884. — K. KÖLLNER, Die geologische Entwicklungsgeschichte der Säugethiere. Wien. 1882. — O. SCHMIDT, Die Säugethiere in ihrem Verhältniss zur Vorwelt. Leipzig. 1884. — F. RATZEL, Vorgeschichte des europäischen Menschen. München. 1874.

Schichtenlehre

von

Professor Dr. **A. v. Lasaulx.**

Unter Schichtenlehre (Stratigraphie) im Allgemeinen versteht man die Lehre von der Art der räumlichen Verbindung der nach Material und Form als ein selbständiges Ganzes charakterisirten Gesteinsmassen (d. i. Gebirgsglieder) untereinander oder also auch die Lehre von dem Baue, der Architektur der Erdfeste, welche aus diesen Gebirgsgliedern sich zusammenfügt. Die Art der räumlichen Verbindung der Gebirgsglieder bezeichnet man daher auch als die Tektonik der Erdrinde oder der Gesteinsmassen. So wie die Verbindung zweier oder mehrerer nach ihrem Material verschiedener Gesteine Gegenstand dieser Lehre ist, so gehört auch hierhin die Lehre von den Strukturformen der Gesteine, darunter die Verhältnisse der Gliederung einer und derselben Gesteinsmasse in sichtbare einzelne Theile verstanden.

Wenn man grössere Gesteinsmassen, die durch irgend welche Umstände z. B. Thaleinschnitte, Steinbrüche, Strassen- oder Eisenbahneinschnitte (sogen. Aufschlüsse) blosgelegt sind, aufmerksam betrachtet, so wird man an Gesteinen von verschiedenem Materiale auch ganz verschiedene Arten des Baues wahrnehmen.

Nehmen wir als Beispiel eine Sandstein- und eine Granitwand.

An der ersteren nimmt man eine deutliche Gliederung aus scharf begrenzten, parallelwandigen, ebenflächigen oder gebogenen Bänken oder Lagen (Schichten, Straten) wahr, deren mehrere, über oder nebeneinander liegend, zu dem sonst gleichartigen oder einheitlichen Gesteinscomplex zusammengehören.

Im Granit erscheinen zwar auch durch die Gesteinsmasse hin Discontinuitäten, Risse oder Spalten, aber dieselben zeigen keine so regelmässige Anordnung, dass sich darin eine Gliederung des Ganzen in einzelne selbständige Theile ausprägte.

Die erstere Art des Baues nennt man die geschichtete oder Schichtung, die zweite Art die ungeschichtete oder massige. Gesteine erster Art bilden in ihrer Vereinigung einen Schichtenbau oder Schichtencomplex, Gesteine der letzteren Art, wo sie grössere Gebirgsglieder darstellen, Massive.

Wirkliche Schichtung ist immer der Ausdruck successiver Bildung und daher dieser Bau eines der wichtigsten genetischen Kennzeichen für die Gesteine.

Die einzelnen Glieder eines aus regelmässig mit einander verbundenen Schichten bestehenden Baues sind durch annähernd parallele Trennungsflächen- oder -fugen, die Schichtflächen oder -fugen von einander geschieden. So wie sie übereinander liegen, sind die Schichten auch nacheinander gebildet, auf der älteren liegt immer die nächst jüngere. Nur in besonderen, durch gänzliche Umwendung von Schichtenkomplexen herbeigeführten Fällen kann, wie sogleich noch zu erörtern sein wird, diese Folge eine umgekehrte werden.

Ein schichtenähnlicher Bau kann auch durch Gesteine bewirkt werden, die nicht successiv gebildet sind, z. B. durch mehrere mit einander parallel zwischen andere Gesteine sich einschiebende, intrudirende Lager von Eruptivgesteinen. Es fehlt dann aber das wesentlichste Kriterium echter Schichtung, die Succession der Entstehung, wie sie bei Sedimenten, Niederschlägen, organogenen Ablagerungen unzweifelhaft immer vorhanden sein muss, auch wenn der Ausdruck der Schichtung, d. i. die Deutlichkeit der trennenden Schichtfugen in der Gleichartigkeit der ganzen Ablagerung manchmal fast verschwindet, wie z. B. beim Steinsalz, manchen Kalksteinen u. a.

A. Schichtenbau.

Den senkrechten Abstand der beiden Begrenzungsflächen einer Bank oder Schicht nennt man ihre Mächtigkeit. Dieselbe ist meist auf grössere Strecken hin ziemlich constant und dann auch der Verlauf der Begrenzungsflächen parallel. Jedoch sind auch Fälle häufig, wo dieselben convergiren und endlich zum Durchschnitt kommen. Man sagt dann eine Schicht verjüngt und keilt sich aus In entgegengesetzter Richtung entspricht das natürlich einer Erweiterung. Wenn eine Gesteinsmasse beiderseitig zum Auskeilen kommt, so erhält sie dadurch eine linsenförmige oder lenticulare Gestalt. Schichten von bedeutender Mächtigkeit werden Bänke, solche von nutzbaren Gesteinen Flötze, solche von grosser Mächtigkeit, aber nicht entsprechender Erstreckung Lager genannt. Wenn die einzelnen Schichten dagegen eine sehr geringe Mächtigkeit, z. B. nur von wenigen Linien haben, so entsteht die echte Schieferung.

Diese Parallelstruktur ist ebenfalls eigentlich der Ausdruck der successiven Bildung der Schichten und somit immer mehr oder weniger deutlich in geschichteten Gesteinen vorhanden.

Eine andere Art der Parallelstruktur, welche sich als eine Schieferung charakterisirt, geht nicht den Trennungsflächen der Schichten selbst parallel, sondern durchschneidet dieselben schräge und unter verschiedenen Winkeln in einer und derselben Schicht je nach der Lage dieser letzteren. Diese Schieferung hat demnach nichts mit der Schichtung zu thun und ist nicht wie diese der Ausdruck eines successiven Absatzes, sondern die Folge der Zusammenpressungen in den Gesteinen in Folge ihrer Zusammenschiebung zu Falten. Diese Schieferung wird die transversale oder falsche genannt, auch wohl als Clivage bezeichnet. Eine solche kann auch in massigen Gesteinen auftreten und diesen manchmal ein äusseres Ansehen verleihen, als ob sie geschichtete Gesteine wären.

Die transversale Schieferung vermag zuweilen die echte Schieferung vollkommen zu verdecken, wie dieses z. B. in den Grauwackenschiefern der devonischen Formation am Rheine vielfach der Fall ist. Wo beide Schieferungen ziemlich gleichmässig vorhanden sind, zerfällt ein Gestein in lauter kleine, griffelförmige Stücke von rechteckigem oder schiefwinkligem Querschnitt, je nach der Lage

der Schieferfugen beider Arten zu einander. Solche Griffelschiefer finden sich ebenfalls im rheinischen Devon, im Untersilur in Thüringen u. a.

Dass thatsächlich diese transversale Schieferung die Folge einer späteren, durch den Gebirgsdruck bewirkten mechanischen Umformung in den Gesteinen ist, kann auf experimentellem Wege nachgewiesen werden. Versuche dieser Art sind besonders von SORBY, TYNDALL, DAUBRÉE angestellt worden.[1]) Man nahm zuerst an, dass es zur Ausbildung der Schieferung des Vorhandenseins lamellar ausgebildeter Mineralgemengtheile, also z. B. des Glimmers bedürfe. SORBY unterwarf einen weissen, mit Schuppen von Eisenglimmer gemengten Thon einem starken Drucke und erhielt dann eine geschieferte Masse. TYNDALL zeigte, dass es der Glimmerblättchen nicht bedürfe, sondern dass Thon auch ohne solche durch Pressung sich schiefrig machen lässt. Von grossem Interesse sind besonders die ausführlichen Versuche von DAUBRÉE, welcher ebenfalls mit Thon, mit Stearin, mit Metallen arbeitete und in allen die Entwicklung einer Schieferstruktur unter Anwendung eines entsprechend starken Druckes erzielte. Um den Beweis für die Ursache der Schieferung zu vervollständigen, wurden dann auch die Verzerrungen an Versteinerungen z. B. Belemniten künstlich nachgeahmt, wie dieselben auch in natürlichen Schiefern vorzukommen pflegen.

So erklärt es sich denn auch, dass die transversale Schieferung unabhängig erscheint von der Schichtung und dass sie in solchen Gebirgen, in denen die Schichten zu mannigfach gebogener Faltenstellung zusammengeschoben sind, ohne Rücksicht auf die Lage der einzelnen Schicht gleichmässig und mit durchweg parallelem Verlaufe durch eine ganze Gebirgsmasse hindurchsetzt, in ihrer Stellung nur bedingt durch die Richtung des Druckes, der die Faltung bewirkte. Zu dieser steht die Schieferung senkrecht.

Ebenso erklärt sich die vorher erwähnte Erscheinung in krystallinischen, ursprünglich massigen Gesteinen. Auch in diesen ist, wenn eine Schieferung in ihnen entwickelt ist, die Stellung der lamellaren Mineralelemente, der Glimmer, die hier stets an der Schieferung betheiligt sind, eine quer zu den Gesteinsbänken, aber senkrecht zu der wirksam gewesenen Druckkraft gerichtete.

Stellung und Lage einer Schicht bestimmen sich durch die Neigung der parallelen Begrenzungsflächen gegen die Horizontalebene und durch den Winkel, welchen ihre Durchschnittslinie in der Horizontalebene mit der Meridianlinie bildet. Ersteres nennt man das Einfallen, letzteres das Streichen einer Schicht. Bei der Bestimmung des Einfallens einer Schicht, welche vermittelst eines Lothes (gewöhnlich ein im Compass selbst angebrachtes, kleines Metallpendel) geschieht, ist die Grösse des Einfallwinkels und ausserdem die Himmelsrichtung anzugeben, nach der das Einfallen stattfindet. Ist diese bestimmt, so ergiebt sich daraus das Streichen von selbst, da es von der Einfallrichtung immer um 90° abweicht. Das Streichen wird vermittelst dazu eigens eingerichteter Compasse bestimmt. Der deutsche Bergmannscompass war gewöhnlich in 2 mal 12 Stunden eingetheilt, wobei Hora 12 den Nord- und Südpunkt, Hora 6 den Ost- und Westpunkt des Kreises bedeuteten. Man sprach daher bergmännisch auch von Morgen und von Mittag bezüglich der Streichrichtung von Schichten. Es sind dieselben Verhältnisse, wie sie auch im Artikel: Gänge I, pag. 454 erörtert wurden. Alles, was dort für den Gang gilt, findet auch Anwendung auf eine Schicht.

[1]) DAUBRÉE, Experimentalgéologie, pag. 311.

Jede Schicht hat eine obere Grenzschicht, die das Hangende, eine untere, die das Liegende genannt wird, die Grenze der Schicht nach der nächst unteren heisst ihre Sohlfläche, die nach der nächst oberen die Dachfläche. Die hangenden Schichten sind jünger, die liegenden Schichten älter als die Schicht selbst, die sie einschliessen.

Mehrere gleichartig aufeinander folgende, also durch gemeinsames Fallen und Streichen ausgezeichnete Schichten bilden eine Schichtenreihe oder Schichtengruppe.

Die Schichten können entweder horizontal liegen oder aufgerichtet erscheinen. Wenn man von der Horizontalität einer Schicht, als ihrer nothwendig ursprünglichen Lage, wenn durch successiven Absatz gebildet, ausgeht, so sind also alle nicht mehr horizontalen Schichten auch nicht mehr in ihrer ursprünglichen Stellung, sie sind in ihrer Lage gestört oder dislocirt. Dieses ist mehr oder weniger der Fall, je nachdem sie eine steile, senkrechte (saiger) oder gar überkippte Stellung einnehmen. Ist bei geneigter Stellung einer Schicht die überliegende Schicht thatsächlich auch die jüngere, die unterliegende die ältere, so wird die Stellung als eine rechtsinnige bezeichnet, die Schicht ist einfach aufgerichtet. Ist aber die hangende Schicht in Wirklichkeit älter, wie sich dieses anderweitig erweisen lässt, müsste also eigentlich die liegende sein, so nennt man diese Lage eine widersinnige, die Schicht ist überstürzt oder überkippt. Solche Ueberstürzungen haben manchmal ganze Schichtengruppen betroffen. Ein sehr auffallendes Beispiel bietet der Nordrand des Harzgebirges bei Goslar und Ocker, wo die jüngeren Formationen unter den älteren liegen, die Kreide vom weissen Jura, dieser vom braunen Jura und Lias und letzterer von den älteren Formationen bis zum Devon überlagert wird, während eigentlich gerade die umgekehrte Lagerungsfolge der Succession der Bildung entspricht. Solche widersinnige Lagerung erschwert natürlich die richtige Erkenntniss des Schichtenbaues, besonders bezüglich der zeitlichen Folge seiner Entstehung ungemein. Die Störungen in der Lagerung der Schichten haben aber nicht stets die ganze Schicht oder den Schichtenkomplex in dieselbe Lage gebracht. In den verschiedenen Theilen einer und derselben Schicht ändert sich das Verhalten derselben. Dadurch entstehen Biegungen und zwar können dieselben entweder nur eine Aenderung im Einfallen, oder wie gewöhnlich zugleich eine Aenderung im Streichen bewirken.

Biegt eine Schicht im Streichen nach einer Richtung um, ändert sich also mit anderen Worten ihr Streichen immer in dem gleichen Sinne, so läuft demnach eine solche Schicht kreis- oder bogenförmig in sich zurück. Eine solche Schichtenlage nennt man auch den umlaufenden Schichtenbau. Aendert sich dagegen die Streichlinie einer Schicht in abwechselnd verschiedenem Sinne, so wird ihr Streichen durch eine wellen- oder zickzackförmige Linie dargestellt. So kann auch die Falllinie einer Schicht einen mehr oder weniger in sich zurücklaufenden Bogen beschreiben, wenn das Einfallen stetig und in demselben Sinne ab- oder zunimmt. Wenn dagegen die Neigungen einer Schicht abwechselnd nach entgegengesetzter Richtung liegen, so wird auch die Falllinie eine wellen- oder zickzackförmig gestaltete. Es ist klar, dass der Verlauf der Streichlinie einer Schicht nur auf eine horizontale Ebene, die der Falllinie nur auf eine vertikale Ebene projicirt zur Darstellung gebracht werden kann. Dadurch bedarf es also der Grundrisse und Profile, um die gesammten Verhältnisse des Schichtenbaues darzustellen.

Erscheinen die Schichten in der verticalen Ebene gebogen, so bilden sie entweder einen Sattel oder antiklinalen Bau, wenn die Convexität nach oben gerichtet ist und die Schichten von einer Linie (Sattellinie) nach aussen von einander abfallen, oder sie bilden eine Mulde, einen synklinalen Bau, die Convexität ist nach unten gerichtet, die Schichten fallen nach einer gemeinschaftlichen Linie hin (Muldenlinie) einander zu. Die geradlinigen, beiderseits der in der Biegung liegenden Sattel- oder Muldenlinie gelegenen Theile einer solchen gebogenen Schicht heissen die Sattel- oder Muldenflügel derselben.

Ist die Biegung sehr stark und erscheinen die Schichten beider Flügel zu demselben Einfallen nach derselben Himmelsrichtung zurückgebogen, so nennt man das einen liegenden Sattel, eine liegende Mulde oder einen isoklinalen Bau. In diesem Falle hat nothwendig der eine Flügel eine überkippte Lage. Sättel und Mulden bilden in ihrer Aufeinanderfolge Falten. Vergl. auch Artikel Gebirge I. pag. 530.

Ist mit der Faltung oder der Umbiegung in der Falllinie gleichzeitig ein Umbiegen in der Streichrichtung erfolgt, so entstehen geschlossene Sättel oder Mulden, die Gestalt eines umgestürzten oder eines aufrecht gestellten Kahnes nachahmend. Solche geschlossene Formen sind freilich selten; in der Regel bleibt bei der Faltung das Streichen auf grosse Entfernungen hin nahezu dasselbe.

Wenn Complexe verschiedener Schichten mit einander verbunden d. h. im Lagerverbande erscheinen, so sind sie entweder alle parallel d. h. sie haben dasselbe Einfallen und Streichen und machen dieselben Umbiegungen durch, dann nennt man solche Schichten concordant, oder sie sind nicht parallel oder discordânt mit einander gelagert. Das ist z. B. der Fall, wenn über einer Schichtengruppe in geneigter, aufgerichteter Stellung eine andere in horizontaler oder weniger geneigten Lage sich findet. So liegen z. B. über den vielfach zu Falten zusammengeschobenen und daher in den einzelnen Flügeln meist sehr steil aufgerichteten Schichten des rheinischen Devons die Buntsandsteinschichten in fast horizontaler d. i. also ungestörter Lage. Solche Diskordanz markirt ein bedeutendes zeitliches Intervall in der Bildungsfolge.

Aehnliche Faltenerscheinungen, wie sie im Grossen in den Gebirgen wahrzunehmen sind, zeigen sich sehr oft auch im Kleinen in einer Gesteinsschicht: Fältelung, Knickung, gekröseartige Windungen kommen z. B. beim Kieselschiefer, bei einigen dichten sogen. Aphanitschiefern u. a. in ausgezeichneter Weise vor.

Nur selten sind aber die einzelnen Theile eines und desselben Schichtencomplexes in Wirklichkeit noch in einem so ununterbrochenen Zusammenhang, dass die Continuität der Falten, sowohl im Streichen als im Fallen in ungestört fortlaufenden Linien zum Ausdruck kommen könnte. Im Gegentheile erscheinen die einzelnen Theile auseinandergerissen, gegen einander verschoben und befinden sich dadurch in einer relativ höheren oder tieferen Lage gegen einander. Solche Erscheinungen sind es, die ganz besonders unter der Bezeichnung Dislocationen oder Verwerfungen verstanden werden.

Die Spalte, welche die Discontinuität im Verlaufe der Schichten bedingt und längs welcher zugleich die stattgehabte Bewegung der getrennten Theile sich vollzog, nennt man die Verwerfungs- oder Dislocationsspalte oder Sprungkluft.

Sie kann entweder theilweise noch offen stehen oder auch erfüllt sein.

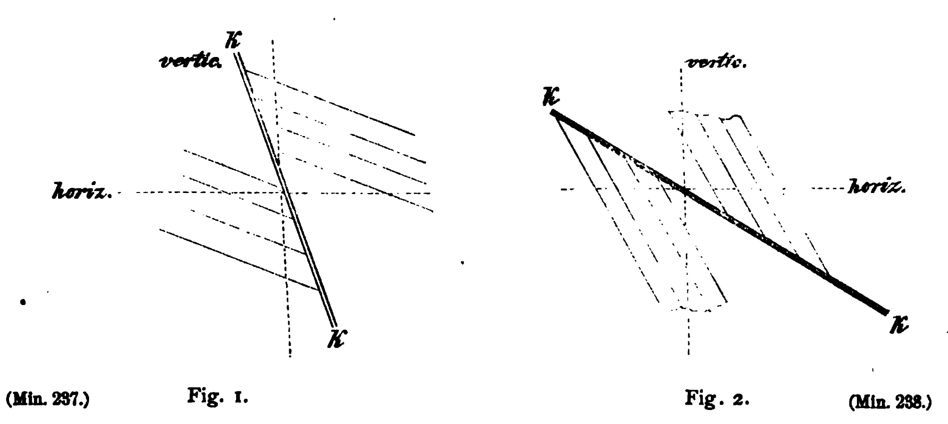
Der senkrechte Abstand der beiden auseinander geschobenen Theile heisst saigere Sprunghöhe, der Abstand derselben längs der verwerfenden Kluft ge-

messen: die flache Sprunghöhe. Die gegenseitigen Verhältnisse von Fallen und Streichen zwischen der verwerfenden Sprungkluft und der verworfenen Schicht, sowie die Unterschiede in der höheren oder tieferen Niveaulage der zu beiden Seiten der Sprungkluft liegenden Schichtentheile bedingen eine Reihe von Formverschiedenheiten dieser Verwerfungen, welche natürlich Aenderungen im Gebirgsbau bedingen und daher für die Deutung desselben von grösster Wichtigkeit sind.

Entweder hat die verwerfende Kluft mit den Schichten, welche sie verwirft, das gleiche Streichen, sie heisst dann longitudinale oder Längs-Verwerfung oder sie streicht mehr oder weniger senkrecht zu diesen und ist dann eine transversale oder Quer-Verwerfung: Jene werden auch wohl Wechsel oder Ueberschiebungen, diese Sprünge genannt.

Die Wirkung, welche die längs der Spalte vollzogene Bewegung der beiderseitig derselben gelegenen Gebirgstheile und die hierdurch hervorgerufene höhere Lage des einen, auf den Schichten- oder Lagerverband ausübt, ist eine wesentlich verschiedene für die streichenden oder longitudinalen Verwerfungen, je nachdem die Kluft derselben ein gleiches oder ein entgegengesetztes, ein stärkeres oder ein geringeres Einfallen besitzt und je nachdem der im Hangenden oder Liegenden der Kluft befindliche Gebirgstheil in höherer Lage sich befindet, also der andere Theil als der abgesunkene erscheint. Bei dem gemeinsamen Streichen ist eine Darstellung der Verhältnisse im Profile geeignet, dieselben zu verstehen.

Wenn eine streichende Verwerfung ein gleichsinniges, aber steileres Einfallen besitzt als die Schichten, welche sie verwirft, so findet eine eigentliche Ueberschiebung in dem Sinne, dass eine gezogene verticale sowohl als eine horizontale Linie dieselben Schichten zweimal durchschneidet, nur in dem Falle statt, dass der im Hangenden befindliche Gebirgstheil in höherer Lage sich findet. Fig. 1.

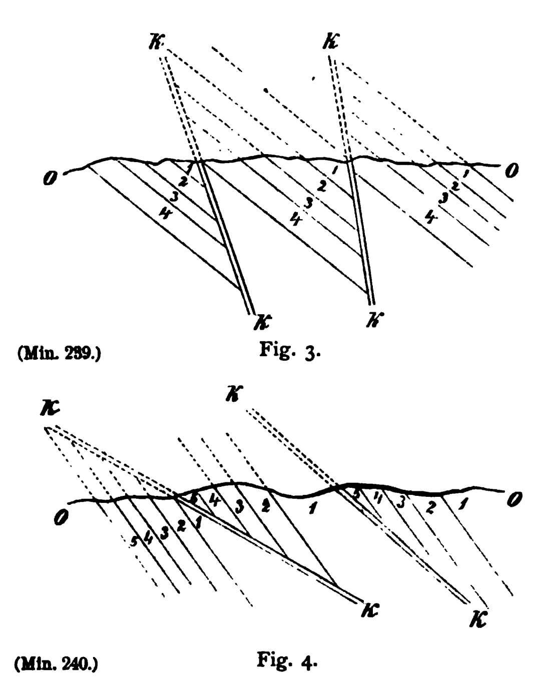


(Min. 237.) Fig. 1. Fig. 2. (Min. 238.)

Wenn aber die Schichten eine stärkere Neigung besitzen als die verwerfende Kluft, nur dann, wenn der im Hangenden befindliche Gebirgstheil in tieferer Lage ist. Fig. 2.

In beiden Fällen erscheint durch solche Verwerfungen ganz besonders dann, wenn sie in mehrfacher Wiederholung durch einen Schichtencomplex hindurchsetzen, die Wiederholung der gleichen Schichtenfolge über und nebeneinander möglich. Hierdurch kommt auch eine ältere Schicht über eine jüngere zu liegen d. h. es wird hierdurch die dem Alter entsprechende Reihenfolge solcher Schichten

gestört. Fig. 3 und 4 stellen solche Verhältnisse im Profile dar. Die Doppellinien KK bezeichnen die Verwerfungsklüfte, die Zahlen 1—5 einen Schichtencomplex in regelmässiger Folge von der jüngeren zur älteren abwärts, die wellige Linie deutet die Erdoberfläche an, in der die gestörte Folge und Wiederholung der Schichten zur Wahrnehmung kommt. Nur die Kenntniss einer vorhandenen Verwerfung vermag dann darüber Aufklärung zu geben, dass nicht eine regelmässige Folge von älteren zu jüngeren Schichten dem horizontalen Vorschreiten vom Liegenden zum Hangenden, nicht eine verticale Uebereinanderschichtung nur jüngerer Schichten, sondern eine Wiederholung der gleichen Schichten erfolgt. Am häufigsten scheinen solche Ueberschiebungen mit höherer Lage des im Hangenden befindlichen Gebirgsstückes (Fig. 3) vorzukommen, die eigentlichen Wechsel. Das wiederholte Auftreten derselben hintereinander in einem Gebirge giebt diesem die Struktur, für welche SUESS den Namen der Schuppenstruktur eingeführt hat[1]).



(Min. 239.) Fig. 3.

(Min. 240.) Fig. 4.

In ausgezeichneter Weise ist durch vielfache Wiederholungen der Ueberschiebungen, z. B. die Schuppenstruktur im östlichen Theile der Kalkzone der Alpen in Niederösterreich durch BITTNER nachgewiesen worden[2]). Dieselbe Schichtenfolge wiederholt sich stets nach Süden oder Südosten geneigt. Die aufeinanderfolgenden Schichtenwiederholungen werden hier als eben so viele hangende Flügel liegender Falten aufgefasst, die durch eine die Sattelhöhe oder antiklinale Achse durchsetzende, streichende Verwerfung, welche aus der starken Faltung selbst hervorging, stets über die liegenden Flügel übereinander geschoben wurden, so dass diese letzteren sammt und sonders zu fehlen scheinen oder ganz verdrückt wurden.

Aehnliche Verhältnisse scheinen auch in anderen Gebieten in grösserem Maassstabe obzuwalten[3]).

Auch im südlichen Norwegen deuten viele parallele Wiederholungen wohl charakterisirter, gleicher Schichten nebeneinander das Vorhandensein einer solchen Schuppenstruktur an[4]).

Dass solche longitudinale oder Längsspalten mit der Gebirgsfaltung im unmittelbaren Zusammenhang stehen und auch geradezu als Faltenverwerfungen

---

[1]) Das Antlitz der Erde I. 149.

[2]) Die geol. Verhältnisse von Hernstein, pag. 305.

[3]) Vergl. SUESS l. c. u. v. LASAULX, Tektonik der Ardennen. Verhandl. naturhist. Verein Rheinl. u. West. 1884.

[4]) BRÖGGER, W. C., die silur. Etagen etc. Christiania 1882, pag. 176.

bezeichnet werden können, ist im Artikel »die Gebirge«, Bd. I, pag. 532 näher erörtert worden.

Die transversalen Verwerfungen oder Sprünge haben nur dann eine grössere Wichtigkeit für die Tektonik eines Schichtengebäudes, wie dieselbe an der Erdoberfläche zum Ausdruck kommt, wenn damit beträchtlichere Horizontalverschiebungen der getrennten Gebirgstheile verbunden sind. Das ist nicht immer nothwendig der Fall. Wenn eine sehr steil oder senkrecht stehende Sprungkluft ebenfalls steil stehende oder ganz horizontale Schichtencomplexe durchsetzt und nur ein einfaches Absinken des einseitigen Gebirgstheiles stattgefunden hat, ist die horizontale Verschiebung nur wenig oder gar nicht wahrzunehmen, die Verwerfung kann sich nur in der Verticalebene bemerkbar machen. Tiefere und ältere Schichten liegen dann in demselben Niveau mit ursprünglich höheren und jüngeren. Die Bd. I, pag. 525 angeführten Beispiele der Schollenverschiebung in den Gebirgen passen für diesen Fall. Wenn aber die verwerfende Kluft eine geringe Neigung gegen den Horizont d. i. ein flaches Einfallen besitzt, so bewirkt schon das blosse Absinken der einen Seite in der Falllinie eine sehr wahrnehmbare Horizontalverschiebung. Eine solche ist in der Regel auch dort, oft in bedeutendem Maasse der Fall, wo die Verwerfungsspalte durch den seitlichen Gebirgsschub entstanden ist. (Vergl. Schubspalten, Bd. I, pag. 497).

Ganz besonders liefern die Kohlenbecken vortreffliche Beispiele der verschiedenen Arten der Verwerfungen; in diesen sind auch transversale Verwerfungen von ganz bedeutender Verticalbewegung bekannt geworden.

Die Steinkohlenmulde an der Worm bei Aachen wird durch eine grosse transversale Verwerfung, den sogen. Feldbiss, welcher als die nördliche Fortsetzung der in der Eschweiler Steinkohlenmulde (2 Meilen südlich der ersteren) als Münstergewand bekannt ist, durchschnitten und in 2 Hälften getheilt. Diese Kluft, welche in der Mächtigkeit von 12 Meter mit Letten und Trümmern des Steinkohlengebirges erfüllt ist, fällt mit 70° gegen ONO ein. Das östliche Gebirgsstück liegt um etwa 125—167 Meter tiefer als der westliche Theil, wie aus der Lage der sich entsprechenden Kohlenflötze auf beiden Seiten der Verwerfung bestimmt werden konnte.

Diese Verwerfung ist im Ganzen auf 15 Kubikm. Länge nachgewiesen. Eine beträchtliche horizontale Verschiebung der Schichtencomplexe ist mit ihr nicht verbunden. Weiter nach O schneidet eine zweite, dem Feldbiss beinahe parallel laufende, grosse transversale Verwerfung, die sogen. Sandgewand, das Kohlenbecken der Worm abermals ab. Der östlich von dieser gelegene Theil des productiven Steinkohlengebirges ist im Hangenden der Verwerfung trotz vieler Bohrversuche noch nicht wieder ausgerichtet worden, was auf eine sehr beträchtliche Höhe der Verwerfung schliessen lässt. Ausser diesen beiden Hauptsprüngen kommen hier noch mehrere andere transversale Verwerfungen und eine grosse Zahl von Wechseln und Ueberschiebungen vor[1]).

Die längs solcher Verwerfungen stattgehabten Bewegungen, mögen dieselben eine beträchtliche Grösse haben oder nur winzig kleine, auf einzelne Gesteinskörper beschränkte gewesen sein, haben auf die eine Verwerfungskluft einschliessenden Gesteinswände eine mechanische Einwirkung ausgeübt. In Folge derselben sind jene mit Furchungen, Ritzen versehen oder vollständig geglättet und polirt worden. Man nennt solche Erscheinungen Rutschflächen, Harnische und Spiegel.

[1]) WAGNER, H. Beschreibung des Bergreviers Aachen. Bonn 1881, pag. 19.

Das hierdurch zertrümmerte Gesteinsmaterial fiel in die Kluft hinein und erfüllte dieselbe mehr oder weniger mit einem Conglomerate oder einer Breccie von sehr fein zerriebenem Gesteinsschlamm (Letten, Thon) mit inneliegenden, grösseren und kleineren Gesteinsstücken. Dass solche erfüllte Verwerfungsklüfte auch als Erzgänge ausgebildet sein können, darüber ist der Artikel »Gänge«, Bd. I, pag. 472 ff. nachzusehen.

B. Massivbau.

Das Charakteristische dieses Baues ist die durch- oder übergreifende Lagerung einer in sich nicht in selbständige Theile gegliederten grösseren Gesteinsmasse in oder auf anderen geschichteten oder massigen Gesteinen, ohne eine erkennbare Wechselbeziehung zu dem Bau dieser. Jene Gesteine erscheinen durch andere Gesteine hindurchgebrochen, in der Regel ganz ohne Rücksicht auf deren Lagerung. Diese Art des Baues charakterisirt daher auch die Gesteine, die man Eruptivgesteine zu nennen pflegt. Wo dieselben in Folge ihres Aufdringens an die Oberfläche getreten sind, bilden sie ebenfalls besonders charakteristische Gebirgsmassen, die auf den anderen Gesteinen ohne Rücksicht auf deren Stellung oder Beschaffenheit auflagern. Siehe im Art. Gebirge Bd. I, pag. 519, die Beispiele für Aufschüttungsgebirge.

Je nachdem die massigen Gesteine anderen Gesteinen auf- und eingelagert erscheinen, werden verschiedene Formen derselben unterschieden.

Solche eingelagerte Gesteinsmassen sind:

Stöcke. Gesteinsmassen in der Regel von beträchtlichem Umfange, von meist ganz unregelmässiger, jedenfalls nicht in einer Dimension besonders ausgedehnter Umgrenzung, welche von geschichteten Gesteinen ganz oder wenigstens in den tieferen Theilen umschlossen werden. Haben solche Stöcke eine glocken- oder domförmige Gestalt und sind sie vollkommen von geschichteten Gesteinen umhüllt, so entsprechen sie den sogen. Laccoliten, d. i. unterirdischen Gesteinskuppen wie solche Bd. I, pag. 496 und 546 in Beispielen erörtert wurden.

Sehr bedeutende stockförmige Einlagerungen massiger Gesteine in geschichteten Formationen, in denen sie häufig eine centrale Stellung einnehmen, den Kern für einen Mantel von geschichteten Gesteinen bilden, nennt man Massivs. So spricht man von dem Central- oder Granitmassiv der Kettengebirge. Beispiele hierfür Bd. I, pag. 529.

Von den Stöcken abzweigende Ausläufer in das Nebengestein nennt man Apophysen. Plattenförmige Gesteinsmassen von bedeutender Ausdehnung in zwei Dimensionen, d. i. im Streichen und Fallen, aber dabei von geringerer Mächtigkeit werden Gänge genannt. Beispiele solcher Gesteinsgänge sind Bd. I, pag. 467 aufgeführt. An diesen zeigt sich die durchgreifende Lagerung in der Regel am deutlichsten. Sie stehen häufig mit stockförmigen Einlagerungen in Verbindung oder führen zu grösseren aufgelagerten Gesteinsmassen empor. Stehen sie transversal zum Streichen der Schichten, welche sie durchsetzen, so sind es echte Gänge, liegen sie aber parallel im Streichen, anscheinend den Schichten eingelagert, so heissen sie Lagergänge.

Dort, wo massige Gesteine an der Oberfläche der Erde aufragen und anderen Gesteinen aufgelagert sind, bilden sie ebenfalls ganz charakteristische Formen.

Kuppen nennt man isolirte, kegelförmig gestaltete Bergformen, welche aus einem einzigen Eruptivgesteine oder aus, wenn auch verschiedenartig beschaffenen, so doch Gesteinen gleicher Entstehung zusammengesetzt sind. Die vulkanischen

Kegel, welche über der Ausbruchsstelle sich aufschütten, sind die typische Form dieser Kegelberge. Bd. I, pag. 520.

Ströme sind solche Gesteinsmassen, welche an der Oberfläche den vorhandenen Niveauverhältnissen folgend, meist in einer Richtung vornehmlich durch Fliessen sich erstreckt haben und dann zur Erstarrung gekommen sind. Decken sind in zwei Dimensionen in der horizontalen Ebene ausgedehnte Ablagerungen von Eruptivgesteinen.

Wie die Kuppen, so stehen auch Decken und Ströme immer mit einem durch die Unterlage, über welche sie ausgebreitet erscheinen, hindurchgreifenden gang- oder stockförmigem Gebirgsgliede in Verbindung, wenn ein solches auch nicht überall wirklich wahrzunehmen ist.

Durch die Zerstörung von Decken oder Strömen in Folge tiefer, durch die Erosion in ihnen ausgehöhlter Thaleinschnitte, welche sie in einzelne isolirte Stücke zerlegen, entstehen nicht selten ebenfalls kuppenförmige Gestalten, die man zum Unterschiede von den wirklich über der Eruptionsstelle angehäuften primären Kuppen, als secundäre Kuppen zu bezeichnen pflegt.

C. Absonderungsformen der Gesteine.

Sowohl die geschichteten als die massigen Gesteine besitzen immer eine durch Absonderung bedingte Zerklüftung, welche ebenfalls für die beiden Arten in der Regel eine verschiedene Ausbildung zeigt.

Eine solche Absonderung der geschichteten Gesteine ist z. B. die Schieferung (pag. 223) und die bankförmige Gliederung der Schichten. Wenn mit diesen eine quer zu den Schieferungs- oder Schichtenfugen hindurchsetzende Zerklüftung sich verbindet (s. transversale Schieferung pag. 223), so entsteht die griffelförmige Absonderung im Kleinen, die platten-, quader- oder blockförmige Absonderung im Grossen. Diese Absonderungsformen bedingen dann wieder die Verwitterungsgestalten der Gesteine und geben so der orographischen Gestaltung einer Gegend ein für die bestimmten Gesteine besonders charakteristisches Aussehen. So bieten überall gewisse Sandsteine, welche in dicken Schichtenbänken auftreten, durch die Querabsonderung in denselben Veranlassung zur Bildung sogen. Quadern, z. B. die darnach geradezu bezeichneten Quadersandsteine. Diese quaderförmige Absonderung bildet die mauerähnlichen, ruinenartigen Felsgestalten dieser Gesteine, wie sie in vielen Gebieten bekannt sind. Beispiele dieser Art bieten die Felsenlabyrinthe von Adersbach und Weckelsdorf in Böhmen. Auch die Buntsandsteine gleichen sich in ihren mauerartigen Formen allenthalben. Es ist natürlich die Stellung der einzelnen Bänke für die Gestaltung der Felsformen ebenfalls bedingend. Horizontale Schichten bilden meist auch nach oben mehr geradlinig begrenzte Felsformen, steil aufgerichtete Schichten, zerrissene und zackige, vielfach gestaltete Kämme.

Eine Absonderung in quaderähnliche Blöcke und Platten findet sich auch bei massigen Gesteinen z. B. bei Granit. In flachen Granitkuppen verlaufen oft Absonderungsfugen parallel ihrer Oberfläche und werden durch transversale Fugen nochmals quer gegliedert. Durch Abrundung der Blöcke in Folge der Verwitterung entstehen die wollsackähnlichen Formen der granitischen Felsenmeere.

Selten ist bei massigen Gesteinen die plattenförmige Absonderung so vollkommen, dass sie einer Schieferung gleicht. Jedoch findet sich eine solche z. B. bei Phonolithen im Mont Dore in Frankreich, welche so dünne Platten liefern, dass dieselben zum Decken der Dächer benutzt werden. Auch die Absonderung

mancher horizontal ausgebreiteten, deckenförmigen Massen von Basalt ist doch so dünnplattig, dass das Gestein fast wie geschichtet erscheint, so z. B. an den Abhängen von Oberkassel gegenüber Bonn am Rhein.

Die besonders charakteristische Absonderungsform der massigen Gesteine ist die pfeiler- oder säulenförmige. Bei weniger regelmässiger Ausbildung derselben zerfällt das Gestein in gewöhnlich recht dicke, aber von mehr oder weniger ebenen Flächen umschlossene Stücke. Die Absonderungsfugen verlaufen vorherrschend in einer bestimmten Stellung oft ganz vertical, oft geneigt, aber in den verschiedensten Richtungen, so dass die Gestalt der getrennten Stücke eine unregelmässig polyedrische wird. Ganz besonders bei Graniten und Trachyten ist diese Art der Absonderung häufig.

Ist die Lage der Absonderungsfugen eine regelmässige und diese selbst sehr eben und gleichmässig ausgebildet, so entsteht die eigentlich säulenförmige oder prismatische Absonderung. Die einzelnen getrennten Gesteinsstücke haben meist eine sehr lang gestreckte Gestalt und ihr Querschnitt ist regelmässig. Am häufigsten weist derselbe die Gestalt regelmässiger Sechsecke oder Vierecke auf, jedoch sind auch sieben-, fünf- und dreiseitige Umrisse nicht selten. An den Basaltsäulen des berühmten Riesendammes an der Nordküste von Irland zählt man unter 100 Basaltsäulen 70 sechseitige, ca. 30 sieben-, fünf- oder vierseitige.[1]) Der Durchmesser solcher Säulen beträgt oft nur wenige Centimeter, manchmal aber auch bis zu 1 Meter und mehr. Die Säulen sind entweder ganz gerade oder auch etwas gebogen.

Eine mit der Längsgliederung oft verbundene Querabsonderung theilt eine Säule in einzelne kurze Stücke. Die Trennungsfugen derselben sind selten ganz eben, oft einerseits concav, andererseits convex, so dass die entsprechenden Enden zweier Glieder in einander passen. Durch Abrundung der Ecken und Kanten solcher kurzen Stücke entstehen ellipsoidische, abgerundete Formen. Oft ist freilich auch in der Gestaltung von Säulen, deren einzelne Glieder wie polyedrische Doppelkegel aussehen, die je mit der Basis und mit den Scheitelflächen aneinander liegen, die Absonderung flacher, ellipsoidischer Gestalten vorgebildet. (Käsegrotten).

Ueberall, wo die säulenförmige Absonderung in Gesteinen erscheint, am schönsten bei Basalten, aber auch bei Dioriten, Trachyten, Porphyren und Graniten, ist dieselbe eine Folge der Contraction, welche die Gesteine bei ihrer Erstarrung und Erkaltung erlitten haben. Deshalb stehen auch die Absonderungsflächen, welche die Säulen bilden, senkrecht auf den Abkühlungsflächen. Wenn diese horizontal verlaufen, wie bei Strömen oder Decken solcher Gesteine, stehen die Säulen mehr oder weniger regelmässig vertical neben einander, wo die Gesteinsmasse gangförmig durch andere Gesteine hindurchsetzt, und daher die einfassenden Gesteinswände als Flächen der Abkühlung wirken, liegen die Säulen horizontal, klafterförmig übereinander. Wo eine Kuppe als Ausfüllung einer concaven, kraterförmigen Vertiefung in der Erdoberfläche eingesenkt ist, da nehmen die Säulen eine nach oben convergirende meilerförmige Stellung an. Die unregelmässige Gestalt der Abkühlungsflächen, aber auch der keinesweges gleichmässig durch die ganze Gesteinsmasse erfolgende Verlauf der Abkühlung hat aber auch vielfach eine sehr unregelmässige, gebogene, und in den verschiedenen Theilen sehr ungleiche Gestaltung und Gruppirung der Säulen zur Folge. Die eigentlich wirksame Ursache für die oft ganz verschiedenartige Anordnung

[1]) v. Lasaulx, aus Irland pag. 157.

in den tieferen Theilen einer säulenförmig gegliederten Gesteinsmasse, gegenüber den die Oberfläche bildenden Theilen, wie sie häufig, z. B. an Basaltdecken wahrzunehmen ist, entzieht sich deshalb der Beurtheilung, weil die heute noch sichtbare Oberfläche wohl nur in den seltensten Fällen mit derjenigen übereinstimmen mag, welche ursprünglich vorhanden und als Abkühlungsfläche wirksam war. Auch durch mehrfach übereinanderliegende, zeitlich verschiedene Decken kann eine complicirte Struktur in solchen Gesteinsmassen hervorgerufen werden, die jetzt als einheitliche erscheinen.

Die überwiegend sechsseitige Form der Säulen ist eine direkte und natürliche Folge der Contractionswirkungen.

Nur 3 geometrische Gestalten giebt es, in welche eine ebene Fläche sich theilen lässt, ohne dass Zwischenräume übrig bleiben: es sind dieses das gleichseitige Dreieck, das Quadrat und das Hexagon. Die Wirkung der Contraction erfolgt durch Bewegung nach gewissen Mittelpunkten hin. Die Kreisform würde der in allen möglichen Radien liegenden gleichen Wirkung am besten entsprechen, es würden aber die zwischen den Kreisen liegenden Theile immer ausserhalb einer jeden Attractionssphäre übrig bleiben. Das regelmässige Hexagon ist von den Gestalten, in die eine Fläche ohne Rest zerlegt werden kann, die dem Kreise am nächsten stehende. So ist also das Hexagon die Form, in welcher dem Grundgesetze der Kräfte, eine Wirkung mit dem möglichst geringsten Aufwande von Kraft herbeizuführen, am besten entsprochen wird. Das lässt sich auch noch anders so ausdrücken, dass unter den 3 oben genannten Gestalten das Verhältniss von Flächeninhalt und Abstand des Schwerpunktes von den Seiten für das Hexagon am günstigsten ist. Drückt die Länge der zur Seite Senkrechten vom Mittelpunkte bis zu ihrem Fusspunkte die wirksame Kraft aus, so ist die erfasste Fläche beim Hexagon die grösste.[1]) Auch der Durchmesser der einzelnen Prismen ist kein zufälliger, denn er wird abhängig sein von dem Contractionscoeficienten der erkaltenden Masse, aber auch in zweiter Linie von dem Elasticitätscoeficienten. Beide schwanken mit der chemischen Zusammensetzung. Bei den basischen Gesteinen ist die Contraction jedenfalls eine grössere als bei den kieselsäurereicheren Gesteinen. Daher zeigen auch die Basalte ganz besonders schön und in dünnen, zierlichen Säulen die Absonderung, während dieselben bei den Trachyten seltener, viel dicker und weniger regelmässig erscheinen.

Auch die Ausbildung der tellerförmigen Concavitäten und entsprechenden Convexitäten am oberen und unteren Ende der durch die transversalen Fugen gebildeten einzelnen Glieder entspricht durchaus den Erscheinungen, wie sie aus dem Schmelzflusse erstarrende und sich contrahirende prismatische Massen zeigen.

Manchen Gesteinen ist auch eine kugelförmige Absonderung eigenthümlich, die nicht nur durch die Verwitterung allein bedingt wird, sondern in ursprünglicher Anordnung der Gesteinsgemengtheile oder auch in radial wirkenden Spannungen ihren Grund haben muss. Am Granit sieht man manchesmal grosse, rundschalig sich ablösende kugelförmige Parthien. So z. B. hat die Granitmasse des Kynast bei Warmbrunn im Ganzen eine solche gerundete, in grossen Schalen abblätternde Oberfläche.

An manchen Basalten tritt die Erscheinung in der Weise auf, dass die Säulen, wenn sie erst aus ihrem Zusammenhange gelöst sind, schnell in kleine,

---

[1]) R. Mallet: On the origin and mechanism of production of the prismatic structure of Basalt. Philos. Magaz. 1875. August.

nussgrosse Körner zerfallen, ohne dass eine derartige Absonderung an ihnen wahrzunehmen wäre, ehe sie aus dem Verbande der anderen Säulen herausgenommen wurden. Das lässt wohl darauf schliessen, dass eine vorher vorhandene, gewissermaassen latente Spannung die rundkörnige Absonderung bedingt hat. In anderen Fällen ist die besonders mit der Verwitterung hervortretende kugelförmige Absonderung auch in einer sphärolithischen Anordnung der Gemengtheile (Bd. II, pag. 11) des Gesteins begründet. Das ist z. B. bei den sogen. Kugelporphyren und deren Tuffen der Fall, wie sie unter anderen in ganz ausgezeichneter Ausbildung in der Gegend von Wünschelburg in Schlesien bei Rathen und Walditz vorkommen.

Literatur: CREDNER, H., Elemente der Geologie. V. Aufl. Leipzig 1883. pag. 335. (Architektonische Geologie). DAUBRÉE, A., Experimentalgeologie, deutsch von A. GURLT. Bonn 1880. pag. 311. DECHEN, H. VON, Ueber grosse Dislokationen. Sitzber. niederrhein. Ges. für Nat. u. Heilk. 1881. GRIMM, J., Lagerstätten nutzbarer Mineralien. Prag 1869. KÖHLER: Ueber die Störungen im westphälischen Steinkohlengebirge und deren Entstehung. Zeitschrift f. Berg. Hütt. u. Sal. Berlin 1880. XXVIII. 195. LORETZ, H., Ueber Schieferung. Jahresb. Senkenberg. Ges. 1879/80 und Ueber Transversalschieferung. Jahrb. d. k. pr. geol. Landesanst. 1882. 258. NAUMANN, C. F., Geognosie I. pag. 865 (Abschnitt Geotektonik). SERLO, A., Leitfaden der Bergbaukunde. Berlin 1878.

Schichtensysteme und geologische Perioden

von

Dr. Friedr. Rolle.

Im Verlaufe der Ausbildung der festen Erdrinde von der Entstehung des krystallinischen Schiefergebirges an bis zum heutigen Stande der Dinge ist eine unabsehbar zahlreiche Folge von mehr oder minder mächtigen, zuweilen auch nur papierdünnen Schichten über einander abgelagert worden. Viele solcher Absätze haben sich in mehr oder minder umgewandelter Beschaffenheit auch fort erhalten. Andere sind inzwischen wieder abgetragen worden und ihre frühere Stelle in der Reihenfolge wird nur noch durch eine mehr oder minder ausgesprochene Unterbrechung oder irgend einen Gegensatz, z. B. ungleichmässige Lagerung bezeichnet.

Diese Absätze können aus sehr verschiedenem Material bestehen. Kalksteine und Sandsteine können lagenweise abwechseln, ebenso Kohlenflötze uud Schieferthon, grobe Gerölle und feiner Sand u. s. f. Noch jetzt kann unter unseren Augen eine Abwechslung in den Absätzen derselben Oertlichkeit entstehen. So kann auf feuchtem Lehmboden ein Torflager emporwachsen und der Ausbruch eines benachbarten Vulkans darüber noch eine Schicht von vulkanischer Asche ausbreiten. Die grösste Masse der Absätze besteht aus meerischen Gebilden mit mehr oder minder reichlichem Einschluss der Reste von Meerespflanzen und Meeresthieren, wie es dem Vorwiegen der Meeres-Oberfläche gegenüber der des Festlandes entspricht. Mit ihnen wechsellagern bald vorübergehend, bald in wiederholter Folge Süsswasserabsätze und Festlandschichten, die ebenfalls in der Regel Reste der ihnen entsprechenden Flora und Fauna noch einschliessen. Dazu kommen, wo vulkanische Ausbrüche stattfanden, auch noch mehr oder minder ausgedehnte Einschaltungen von Lava-Strömen oder von Schichten vulka-

nischer Asche vor. Aschen-Absätze oder vulkanische Tuffe können gleichfalls organische Reste aufnehmen.

Alle Schichten, welche am Aufbau der festen Erdrinde theilnehmen, sind örtlich abgegrenzt, wenn auch manche weithin ausgebreitet erscheinen. Es ist dies leicht nach dem heutigen Stande der Dinge zu erläutern. Der Ocean mit seinen verschiedenen Becken nimmt über $\frac{3}{4}$ der Oberfläche unseres Planeten ein.

Dazu kommt, dass auch der ausgebreiteste Meeres-Absatz noch in verschiedenen Strecken eine sehr verschiedene Zusammensetzung erhalten kann. Tiefe Meeresbecken wechseln mit flachen seichten Strecken ab. Küstenmeere erhalten oft ansehnliche Zufuhr von schichtenbildendem Material aus dem benachbarten Festlandgebiet, namentlich wo mächtige Ströme ausmünden. Endlich schalten Vulkane, die im Meeresgebiet oder auf Inseln oder an Küsten ausbrechen, ihre Auswürfe zwischen die Meeres-Absätze ein. Das Alles sind Vorgänge der Jetztwelt, die in ähnlicher Weise schon in den älteren Zeiten der Erdbildung mögen stattgehabt haben.

Noch mehr örtlich abgegrenzt und noch ungleichartiger in ihrer Erstreckung sind die Schichtenabsätze der Festlandgebiete.

Uebertragen wir dies auf die Vorgänge in älteren geologischen Zeiten und die von ihnen gebildeten Schichten der Erdrinde, so wird es erklärlich, wie viel Schwierigkeiten es hat, die gleichzeitig abgesetzten Gebilde irgend einer älteren Zeit über die ganze Ausdehnung der Erdoberfläche verfolgen zu wollen. In der That ist dies — selbst unter Zuhülfenahme des Charakters der Einschlüsse von Pflanzen- und Thierresten desselben Zeitalters — nur in annähernder Weise möglich und viele Arbeit bleibt noch späteren Jahrzehenden und Jahrhunderten vorbehalten.

Wie das Verfolgen einer einzelnen Schicht auf grosse Entfernungen hin seine Schwierigkeiten hat und über die ganze Erdoberfläche hinaus als unmöglich gelten muss, so hat auch die Uebersicht und Eintheilung der gesammten Schichtenfolge — also der verticalen Reihe — ihre Schwierigkeiten und ihre Unmöglichkeiten. Dies geht schon aus dem Umstande hervor, dass man die Schichten nicht als primitives Bau-Material verwenden und nicht von ihnen aufsteigend zu allgemein gültigen Schichtengruppen vorschreiten kann. Vielmehr haben die Bergleute und Geologen des XVIII. Jahrhunderts damit begonnen, grössere durch gewisse gemeinsame Charaktere in die Augen fallende Schichtengruppen zusammen zu fassen und mit eigenen Benennungen zu bezeichnen.

So sind das Steinkohlen-Gebirge, das Rothliegende und das Kupferschiefer-Gebirge früher unterschieden und benannt worden, ehe man darüber im Reinen war, ob jede dieser Schichtenfolgen auch über ganz Europa oder vielleicht über alle Erdtheile mit denselben Charakteren und mit derselben Abgrenzung nach unten und oben sich würde verfolgen lassen. Jetzt wissen wir, dass das obere Steinkohlen-Gebirge stellenweise z. B. in der Bliesgegend allmählich in das untere Rothliegende übergeht und man nur nach geringfügigen Merkmalen eine Grenzlinie zwischen denselben annehmen kann. So wissen wir jetzt auch, dass in einem grossen Theile von Nord-Amerika obige drei Schichtengruppen durch kalkige Meeresabsätze ersetzt sind und hier allmählich in einander übergehen. Hier haben also keine geologischen Ereignisse den Zusammenhang unterbrochen — während dies in Europa örtlich der Fall gewesen ist. So ist überhaupt die Abgrenzung sämmtlicher geologischer Schichtenfolgen, wenn sie auf einem Gebiete

auch augenfällig und durchführbar erscheint, doch auf anderen, wenn nicht allen anderen misslich und mehr oder minder streitig.

Bemerkenswerth ist aber noch der Fall, dass man auch noch im Ungewissen darüber ist, ob die im pleistocänen Zeitalter aus der arktischen Gegend ausstrahlende Kälte in Mittel-Europa und in Nord-Amerika gleichzeitig stattfand oder in Alternation erfolgte, wobei für Letzteres der Umstand spricht, dass heute über Grönland und Labrador Kälte herrscht und in gleicher Breite Norwegen wärmeres Klima hat.

Für kleinere und grössere Schichtenfolgen oder Schichtengruppen, die in irgend einem Theile der Erdoberfläche sich mit Grund zusammenfassen lassen, gleichviel ob sie über grössere oder kleinere Gebiete hinaus mit festen Grenzen zu verfolgen sind, hat die Geologie eigene Bezeichnungen, aber der Sprachgebrauch hat sich in dieser Hinsicht noch nicht vollständig festgestellt.

Gewöhnlich fasst man grössere Schichtenfolgen unter der Bezeichnung System zusammen. Ein System begreift zwei oder mehrere Stufen oder Etagen. Mehrere Systeme werden auch noch zu einer Gruppe zusammengefasst. Die Bezeichnung Formation oder Bildung wird bald statt System, bald statt Gruppe angewendet, bald auch nur auf die Unterabtheilungen der Systeme ausgedehnt.

Für Bezeichnung der Zeiträume, innerhalb welcher grössere oder kleinere Schichtenfolgen abgesetzt wurden, bedient man sich der Ausdrücke Periode und Epoche.

Nachstehende tabellarische Uebersicht giebt ein beiläufiges Bild der wichtigsten Abtheilungen der geologischen Schichtenfolge, die jüngsten Gruppen zu oberst gesetzt.

<table>
<tr><td rowspan="8">IV.
Neozoische Gruppe.</td><td rowspan="4">12. Quartäres System.</td><td colspan="2">Alluvium. Recente Bildungen.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Pleistocän.
Diluvium.</td><td>Oberes Pleistocän. Nachglaciale Bildungen (Lehm und Höhlen-Absätze zum Theil).</td></tr>
<tr><td>Mittleres Pleistocän. Glaciale Bildungen und interglaciale (Utznach, Dürnten).</td></tr>
<tr><td>Unteres Pleistocän. Präglaciale Bildungen (Forest Bed von England, Sand und Gerölle von St. Prest).</td></tr>
<tr><td rowspan="4">11. Tertiäres System.</td><td colspan="2">Pliocän. Obere Tertiärbildung.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Miocän. Mittlere Tertiärbildung.</td></tr>
<tr><td>Oligocän.</td><td rowspan="2">Untere Tertiärbildung.</td></tr>
<tr><td>Eocän.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">III.
Mesozoische Gruppe.</td><td rowspan="8">10. Kreide-System.
9. Jura-System.</td><td colspan="2">Pisolithbildung. Corallenkalk von Faxoe u. a.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kreidebildung. (Weisse Kreide).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Grünsand und Quadersandstein.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Necomien. Wealdenbildung.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Purbeck-Bildung.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Oberer oder weisser Jura.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Mittlerer oder brauner Jura.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Lias.</td></tr>
</table>

Gruppe	System	Bildung		
III. Mesozoische Gruppe.	8. Trias-System.	Rhätische Bildung (Feinkörniger Keuper-Sandstein und Bone Bed).	Dachsteinkalk und Kössener Schichten.	
		Mittlerer Keuper. Lettenkohlenbildung.	Hallstätter und Cassianer Schichten.	
		Muschelkalk.	Guttensteiner Kalk.	
		Buntsandstein.	Werfener Sandstein und Schiefer.	
II. Paläozoische Gruppe.	7. Permisches System. (Dyas.)	Zechstein- und Kupferschiefer-Bildung.	Reptilien-Sandstein ? von Südafrika.	Meerische Kalkablagerungen in den Rocky Mountains u. a. O.
		Rothliegendes.		
	6. Carbonisches (Steinkohlen-) System.	Produktive Steinkohlen-Bildung.		
		Kohlenkalk (Bergkalk). Culmbildung.		
	5. Devonisches System.	Obere Devon-Bildung (Cypridinenschiefer und Clymenien-Kalk).	Alter rother Sandstein in Schottland.	
		Mittlere Devon-Bildung (Eifeler Kalk).		
		Untere Devon-Bildung (Rheinische Grauwackenschiefer).		
	4. Silurisches System.	Obere Silur-Bildung.		
		Untere Silur-Bildung.		
		Primordial-Zone.		
I. Archäische Gruppe.	3. Cambrisches System.			
	2. Huronisches System.	Krystallinisches Schiefergebirge.		
	1. Laurentisches System.			

Schwankungen im Niveau von Meer und Festland.

Von

Prof. Dr. **A. v. Lasaulx.**

Dass an der Erdoberfläche zweierlei Arten von Niveauschwankungen sich vollziehen, von deren etwaigem Zusammenhang oder deren Selbständigkeit hier zunächst ganz abgesehen werden soll, zeigt eine doppelte Reihe von Erscheinungen, in denen der Ausdruck vollendeter, oder wenigstens sehr fortgeschrittener Bewegung dieser Art zur Wahrnehmung kommt. Die einen Bewegungen sind solche, in denen eine Differenzirung ursprünglich unzweifelhaft in einem Niveau gelegener Theile der Erdfeste, d. i. der Gesteine, für sich

erfolgt, die anderen Bewegungen dagegen äussern sich in Verschiebungen der Grenzlinien von Meer und Festland, ohne dass daraus unmittelbar sich ergäbe, welcher von beiden Betheiligten, das Meer oder das Festland, oder ob nicht beide zugleich durch eine auf- oder abwärts gerichtete Bewegung diese Verschiebungen ihrer Grenzlinien bewirkten.

Von vorne herein sind beide Arten der Niveaudifferenzirung gesondert zu betrachten.

In dem Artikel »Gebirge« sind die Vorgänge der ersteren Art, Bewegungen in der Erdfeste, welche zu Niveauveränderungen führen, ausführlich behandelt worden und kann daher hier darauf zurückverwiesen werden.

Am wichtigsten sind unter den aufgeführten die Schollenbewegungen. Die Beispiele, welche Bd. I pag. 526 angeführt wurden, zeigten Bewegungen dieser Art, welche eine Niveaudifferenzirung oft um mehrere Tausend Meter bewirkt haben. Zahlreich sind aber in allen Theilen der Festlande in den Gebirgen sowohl, als in den Ebenen die Anzeichen solcher Erscheinungen, die man auch unter dem allgemeinen Namen der Verwerfungen zusammenfasst. Sie zeigen, dass einzelne Theile der Erdfeste nothwendig jetzt in einer anderen Höhenlage sich befinden, als zur Zeit ihrer Bildung. Freilich ist bei allen diesen Erscheinungen nur das Eine mit Sicherheit festzustellen, nämlich, dass eine Beweglichkeit vorhanden war und dass eine Bewegung thatsächlich stattfand. Wie dieselbe ausgeführt wurde, ob durch Aufwärtsbewegung, Hebung des einen oder Abwärtsbewegung, Senkung des anderen Theiles, ob durch grössere Senkung oder Hebung des einen Festlandstückes gegen das andere oder ob endlich durch gleichzeitige, aber entgegengesetzte Bewegung beider Stücke, das entzieht sich in den meisten Fällen sicherer Beurtheilung, wenngleich für manche, besonders lokale Erscheinungen dieser Art eine vollständige Deutung nicht ausgeschlossen ist. Vergl. z. B. Bd. I pag. 525.

Niveauveränderungen im Inneren der Continente sind thatsächlich freilich bis jetzt so gut wie gar nicht durch sichere, vergleichende Messung festgestellt. Die zerstreuten Angaben hierüber entbehren z. Th. des thatsächlichen Fundamentes, wie z. B. W. Reiss für die Anden Süd-Amerika's gezeigt hat, für welche ein wahrnehmbares Niedersinken behauptet wurde[1]. Wichtiger scheinen die Angaben, die sich an Veränderungen im Laufe der Flüsse, an ungleiche Veränderungen in der Wasserstellung von Binnenseen anknüpfen, wie sie von R. Credner für den Tsad-See im centralen Sudan[2], von Helmersen[3] für das Caspische Meer, von von Richthofen[4] für Flussläufe an den Abhängen der Sierra Nevada in Californien geltend gemacht worden sind. Von plötzlichen Senkungen, wie sie in Folge von Erdbeben, meistens aber auch nur in lokaler Erstreckung stattgefunden haben, ist hier abgesehen. Vergl. Art. Erdbeben, I pag. 351. Hebungen dieser Art scheinen überhaupt nicht zuverlässig constatirt zu sein.

So lange solche Verschiebungen, wie sie in den Verwerfungen sich äussern, im Innern der Continente sich vollziehen und nur den Bereich gewisser Formationen oder Formationsgruppen betreffen, welche vorzüglich am Aufbau der continentalen Gebirge betheiligt sind, wird dadurch die Grenzlinie des Continentes gegen das Meer nicht nothwendig und nicht unmittelbar mitbe-

[1]) Verh. d. Ges. für Erdkunde, Berlin 1880, Nr. 1.

[2]) Die Delta's. Petermann's geogr. Mitth. 1878, Ergänzungsheft Nr. 56.

[3]) Bullet. Acad. imp. de St. Petersburg 1874.

[4]) Anleitung zu wissensch. Beobacht. auf Reisen, pag. 307.

troffen. Unzweifelhaft aber erscheint es, dass, wenn diese innercontinentalen Bewegungen als thatsächlich erwiesen gelten können, dann auch solche Bewegungen an den Rändern der Continente eintreten können und müssen, und dass sie ebenso im Meeresboden wenigstens für möglich gelten dürfen. Damit sind dann aber nothwendig Verschiebungen in den Grenzlinien von Meer und Festland verbunden. Dass aber gerade die Randzone einer continentalen Landmasse, welche den Steilabfall gegen die tiefen Meeresbecken mehr oder weniger bezeichnet, ganz besonders geeignet scheint, lokale Niveaudifferenzirungen hervorzubringen, das ist ein Umstand, auf den um so mehr aufmerksam zu machen ist, als er möglicherweise wenigstens zur Erklärung der oft an einer und derselben Küste beobachteten, anscheinend ganz entgegengesetzt gerichteten Niveauschwankungen dienen kann.

Betrachtet man den Uferrand einer alten Meeresbucht, so nimmt man an einzelnen Stellen desselben auffallende Verschiebungen wahr, welche durch eine meerwärts gerichtete, im Allgemeinen als Abwärtsgleiten zu bezeichnende Bewegung hervorgerufen werden. Sehr schön sind z. B. solche Bewegungen fast um den ganzen Rand des Plateau's zu verfolgen, welches die Basaltdecke der Grafschaft Antrim in der nordöstlichen Ecke von Irland trägt.

Der südliche Rand dieses Plateau's bildet die nördliche Küste des Meerbusens von Belfast und des noch jetzt als ein einst viel tiefer in das Land hineinreichender Meeresarm sich darstellenden Laganthales. Die steilen Wände des alten Ufer- und Plateaurandes haben bis zu 300 Meter Höhe. Unter dem Basalt, welcher als Decke die Oberfläche des Hochplateau's einnimmt, erscheint der Kreidekalkstein mit eingelagerten Feuersteinen, darunter eine nicht sehr mächtige Grünsandschicht, welche auf Liasschichten und diese auf Keupermergeln von beträchtlicher Mächtigkeit aufruhen. Darunter folgt der Buntsandstein. Längs der Wände des Steilabfalles hin sind zahlreiche Verwerfungen entstanden, deren verticale Verschiebung um so deutlicher sichtbar ist, als die regelmässige Folge der Schichten in den einzelnen gegen einander höher oder tiefer liegenden Theilen genau dieselbe ist und ganz besonders die Grenze von Grünsand und Lias eine sichere Niveaumarke an die Hand giebt. Alle Verwerfungsklüfte aber reichen nur bis zu den unter den Liasschichten liegenden Keupermergeln abwärts, diese selbst sind von denselben nicht betroffen worden. Sie sind im Gegentheile die Ursache der Verwerfungen. Auf diesen, zum grossen Theil eine gleitende Bewegung sehr begünstigenden Mergeln, rutschen die aufliegenden Schichtencomplexe nach dem Lough Belfast, d. i. dem alten Seebecken zu abwärts. Keilförmige Stücke des Plateau's lösen sich dabei heraus und kommen in eine tiefere Lage als die angrenzenden. Von grossem Interesse sind Stellen, wo durch ungleiche Bewegung einer solchen abwärts bewegten Scholle die sonst horizontalen Schichten eine einseitig oft stark geneigte Lage eingenommen haben[1]).

Auch am nördlichen Rand des basaltischen Plateau's von Antrim sind ganz ähnliche Erscheinungen zu beobachten.

So lange die Stellung des Meeres an den Rändern des Plateau's eine höhere war, so dass es in den Bereich der rutschenden Schichtencomplexe kam, mussten die Bewegungen dieser nothwendig auch eine scheinbare Verschiebung der Grenzlinie von Land und Meer bewirken. Wäre z. B. durch Fluthmarken die Grenzlinie an jenen Stellen gezeichnet gewesen, welche durch die abwärts gleitende

[1]) Hull, E., Memoirs of the geolog. Survey of Ireland. Explanatory Memoir to accompany sheets, No. 21, 28, 29, pag. 21. ff. Auch v. Lasaulx, Aus Irland, Bonn 1878.

Bewegung in eine einseitig geneigte Lage kamen, so würde auch die Linie der Fluthmarken in eine von der ursprünglich horizontalen abweichende Stellung gebracht worden sein.

Solche Beispiele zeigen jedenfalls, dass gewisse Verschiebungen der Grenzlinie von Meer und Festland durch Bewegungen innerhalb des letzteren selbst hervorgebracht werden können und wirklich herbeigeführt werden. Aber Niveauverschiebungen dieser Art werden doch mehr oder weniger einen lokalen Charakter an sich tragen. Man hat wenigstens keinen sicheren Maassstab dafür, bis zu welcher Ausdehnung sie allgemeiner wirksam gedacht werden können.

Das gilt in gleicher Weise von solchen Veränderungen der Landconturen, die eine Niveauverschiebung der Grenzlinie von Land und Meer anzudeuten scheinen, ohne dass nothwendig eine solche auch wirklich stattgefunden hat.

Anschwemmungen der Flüsse in das Meer, wie sie z. B. in Deltabildungen ihren Ausdruck finden, vermögen eine Vergrösserung der Landmasse und damit ein Zurückdrängen der Küstenlinie zu bewirken, das einer Erhebung des Landes gleichen mag. Wie in dem Artikel Delta's, Bd. I pag. 211, angegeben ist, hängt freilich die Möglichkeit der Deltabildungen am wahrscheinlichsten schon von einer Niveauschwankung in der litoralen Zone ab.

Aber dennoch ist es recht wohl denkbar, dass auch von dieser Niveauschwankung ganz abgesehen, der Küstensaum durch solche Anschwemmungen eine wesentlich andere Gestalt anzunehmen vermag. Das Zusammenwachsen von Inseln mit der nahe liegenden Küste, das Versanden und Kleinerwerden von Lagunen sind Vorgänge, die ebensowohl durch ein Zurückweichen der Grenzlinie von Meer und Land, als auch durch blosse Sedimentation in Folge der Flussanschwemmungen oder auch durch Dünenbildung erklärt werden können. Unzweifelhaft ist es, dass die gesammten in die Meeresbecken eingeführten und von der Zerstörung der Landmassen herrührenden Sedimente, indem sie eine Erhöhung des Meeresbodens bewirken, auch eine Verdrängung des Meerwassers, d. i. also ein Ansteigen desselben zur Folge haben müssen. So haben auch einige frühere Geologen, z. B. der bekannte Lazaro Moro und noch in diesem Jahrhundert Babbage alle Schwankungen des Meeresspiegels als Folge der Sedimentablagerung auf dem Meeresboden angesehen.

Wie gering die Wirkung dieser Sedimentirung aber nur sein kann, geht aus der einfachen Betrachtung hervor, dass eine Abtragung der gesammten Continente bis zur heutigen Niveaulinie des Meeres und eine Ueberführung ihres Volumens in die Meeresräume, das Niveau des Meeres im Ganzen nur um 150 Meter würde erhöhen können. Artikel »das Meer«, Bd. II, pag. 407.

Auch diese Vorgänge können daher wohl unter besonderen Umständen localisirt zu einer etwas bedeutenderen und wahrnehmbaren Wirkung sich steigern, aber zur Erklärung eines allgemeinen und im grossen Maassstabe vollzogenen Vorganges reichen sie nicht aus.

Die zweite Art der Bewegungen an der Erdoberfläche, welche am Eingange dieses Artikels genannt wurde, ist nun aber eine solche, deren allgemeine Verbreitung auf der ganzen Erde unzweifelhaft festgestellt und deren verticale Niveaudifferenzirung eine sehr beträchtliche ist. Es ist diejenige, welche man früher mit dem Namen der säcularen Schwankungen des Festlandes belegt hat und für welche heute wohl passender, ohne in der Bezeichnung eine immerhin noch nicht sicher festgestellte genetische Bedeutung vorweg zu geben, der Name »Verschiebungen der Strandlinien« gebräuchlich ist.

Einfache Beobachtungen zeigen und haben zu allen Zeiten gezeigt, dass in der Vertheilung von Meer und Festland an der Erdoberfläche Veränderungen erfolgt sein müssen, welche nur durch ganz ungeheure Verschiebungen in der Niveaulage der beiden Theile zu einander ihre Erklärung finden.

Wenn HERODOT von Seemuscheln erzählt, die auf dem Wege zum Orakel des Jupiter Ammon gefunden wurden, so wird damit diese Thatsache schon vor 2½ Jahrtausenden anerkannt und die bekannten Verse des OVID (Metamorph. XV. 262) bestätigen dieselbe Wahrnehmung. Und einer der ersten, der bei dem nachmittelalterlichen Wiedererwachen der Wissenschaften auch geologische Dinge mit einem verständigen Auge ansah, der grosse Maler LEONARDO DA VINCI († 1519) behauptete fest, dass jener Wechsel zwischen Land und Meer in der That stattfinde und dass die jetzt aufragenden Berge in der Vorzeit den Boden des Meeres gebildet hätten.

In welchem Maasse dieses der Fall gewesen, das zeigt, um nur ein Beispiel anzuführen, die Verbreitung und die Höhenlage der Nummulitenschichten, jener marinen Ablagerungen an der Grenze der Kreide- und Tertiärformation, welche über 98 Längengrade und vom 15.—55.° der nördl. Breite in einzelnen Stücken zu verfolgen sind und sehr hohe Berge des europäisch-asiatischen Continents bilden. Sie erreichen im Dent de Midi in den Pyrenäen, in den Diablerets in den Westalpen über 10000' und steigen in Thibet bis zu 16000' empor. So liegen sie aber auch in mehr oder weniger bedeutender Tiefe unter dem Boden von Grossbritannien und Frankreich. Welch' eine Niveaudifferenzirung in den Landmassen und welch' eine Verschiebung der Grenzen von Meer und Land tritt uns darin entgegen!

Ganz natürlich war es, dass man von vornherein das Meer, als das bewegliche Element, als Ursache der Niveauveränderungen ansah.

So haben die ersten Beobachter von Verschiebungen der Strandlinie an der Ostküste von Schweden, von wo aus die neueren Ansichten über dieses Phänomen ihren Ausgang nahmen, von Schwankungen des Meeresspiegels gesprochen, doch liess der Widerspruch gegen diese Auffassung nicht lange auf sich warten. Von den ersten schwedischen Beobachtungen, etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, durch welche eine abwärts gerichtete Verschiebung der Strandlinien erkannt wurde, ist eine alle Küsten mehr oder weniger genau bestimmende Forschung hervorgegangen, als deren Resultat die Thatsache feststeht, dass Verschiebungen der Strandlinien fast allenthalben erfolgt sind und noch erfolgen, und dass dieselben sowohl aufwärts als auch abwärts gerichtet vor sich gehen. Abwärts gerichtete Verschiebung würde einer Hebung des Landes, einem Sinken des Meeresniveaus entsprechen, aufwärts gerichtete einer Senkung des Landes und einem Heben des Meeresspiegels. Die erstere hat SUESS[1]) als negative, die letztere als positive bezeichnet. Die negative Bewegung erfolgt also nach dieser Auffassung zu Gunsten des Landes, die positive zu Gunsten des Wassers. Aus diesem Grunde wäre vielleicht thatsächlich eine Umkehrung der Bezeichnung erwünscht, weil doch das Festland unzweifelhaft der Theil ist, der die Bewegung anzeigt. Ganz zutreffend verweist schon VON DECHEN[2]) auf den stets unbeanstandeten Ausdruck: die Sonne geht auf und unter, während doch Jedermann sich bewusst ist, dass die Drehung der Erde und nicht die Bewegung

[1]) Ueber die vermeintlichen säcularen Schwankungen einzelner Theile der Erdoberfläche. Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1880. No. 11.

[2]) Sitzber. niederrh. Ges. f. Nat. u. Heilkunde. November 1880.

der Sonne der Grund dieser Erscheinung ist. So erscheint es nicht ungerechtfertigt und jedenfalls für die menschliche Auffassung bequemer, wenn man mit GÜNTHER[1]) die SUESS'sche Bezeichnung umwendet und positiv die Niveauverschiebung nennt, welche einer Aufwärtsbewegung des Landes, negativ die, welche einer Abwärtsbewegung des Landes in ihrer Wirkung gleicht. In diesem Sinne sind auch im Folgenden diese Bezeichnungen gebraucht.

Ehe wir es versuchen, uns ein Bild von der Vertheilung der positiven und negativen Verschiebungen zu machen, wie sie längs der Säume der heutigen Festländer sich nachweisen lassen, wird es nöthig sein, die allgemeinen Kennzeichen solcher Verschiebungen überhaupt zu erörtern. Um eine genaue Angabe und kritische Musterung dieser Anzeichen hat sich besonders HAHN (siehe unter Literatur am Schluss des Artikels) verdient gemacht.

Die besten und sichersten Merkmale einer stattgehabten Verschiebung, solche, welche man auch als direkte bezeichnen kann, sind nur in wenigen Fällen vorhanden. Das ist z. B. die Beobachtung fester und zuverlässiger Merkzeichen am Ufer, sei es, dass diese von der Natur oder erst vom Menschen hervorgebracht und in letzterem Falle zufällig oder mit Absicht gerade für den vorliegenden Zweck angebracht worden sind. Viele Thatsachen dieser Art finden sich schon bei VON HOFF mitgetheilt[2]). Als ein direkter Beweis für eine negative Verschiebung der Strandlinie kann es wohl gelten, wenn Gebäude und Strassen jetzt vom Meere dauernd überfluthet werden. Solcher Beispiele giebt es aber nur äusserst wenige.

Ueberhaupt ist es leicht verständlich, dass die direkten Merkmale für eine positive Verschiebung häufiger und deutlicher sind als für eine negative, weil doch in letzterem Falle die Spuren unter der aushebenden Oberfläche des Meeres verschwinden und verloren gehen. CELSIUS, der im Jahre 1743 zuerst die Aufmerksamkeit wieder auf die Verschiebungen der Strandlinien in Scandinavien lenkte, sorgte dafür, dass an verschiedenen Stellen der schwedischen Küste Marken in den Stein gehauen wurden. Es geschah dieses zuerst 1731, sodann wiederum 1752 und 55, und als im Jahre 1785 jene Marken thatsächlich verschoben gefunden wurden, war es deutlich erwiesen, dass entweder der Spiegel der Ostsee gesunken oder das Land emporgestiegen sei, dass also eine, in unserem Sinne positive Verschiebung stattgefunden habe. In gleicher Weise kann es als ein direktes Merkmal positiver Verschiebung angesehen werden, wenn hoch über dem jetzigen Meeresspiegel und weit über der höchsten, heute erreichbaren Fluthhöhe die Spuren einstiger Meeresbrandung: Meeresgerölle, Haufen von Muschelschaalen, Spuren von Bohrmuscheln, endlich deutliche alte Strandlinien sich zeigen. Gerade auf die letzteren als eines der wichtigsten Kennzeichen der positiven Verschiebung der Strandlinien wird im Folgenden noch näher eingegangen.

Weniger zuverlässig, weil in vielen Fällen doch einer mehrfachen Deutung fähig, sind die indirekten Merkmale einer Verschiebung. Als solche werden für eine negative Bewegung angesehen z. B. die Aestuarien oder Trichtermündungen der Flüsse, in welchen nur eine latente Deltabildung zu erfolgen vermag (Artikel Delta's, Bd. I, pag. 211), ebenso die zerrissenen Conturen einer

[1]) Geophysik, Bd. II, pag. 443.

[2]) Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. Gotha 1822. Bd. I. V. Hauptstück: Ueber die Frage: ob ein allgemeines Steigen oder Sinken des Spiegels der Meere seit der historischen Zeit nachgewiesen wird, pag. 140.

flachen Küste, wie z. B. der Küste von Friesland und Westholstein und an einer Steilküste das gänzliche Fehlen eines aus den Trümmern der Küste selbst gebildeten Vorlandes. Auch dort, wo unter das Meer untergetauchte Wälder oder Torfbildungen sich finden, wird man auf eine erfolgte negative Bewegung schliessen müssen. Für eine solche sprechen auch untermeerische Anhäufungen von Treibholz, welche man an den Küsten der Ostsee als Holz- oder Baumstubben zu bezeichnen pflegt[1]).

Nach von Richthofen liegen an der felsigen und gebirgigen südchinesischen Küste allen Flussmündungen Schlammbänke vor, welche genau im Niveau der Fluth stehen und aus denen die Felsberge unvermittelt ansteigen. Wenn hier die geringste Hebung (oder positive Bewegung) stattfände, so würden dieselben in Küstenebenen verwandelt und selbst bei vollkommenem Stillstand trocken gelegt werden müssen. Nur wenn eine Senkung (eine negative Bewegung) stattfindet, ist es denkbar, dass durch den Absatz von neuem Material jede Schlammbank genau im Niveau der Fluth erhalten wird. Umgekehrt sind im nördlichen China die ausgedehnten submarinen Sediment-Ablagerungen an den Mündungen der grossen Flüsse zu einer weiten, den Gebirgen vorliegenden Ebene verwandelt worden und noch jetzt schreitet die Hebung fort, die dieses veranlasst[2]).

Dass die Gebiete der Koralleninseln nicht mehr als so zuverlässige Anzeichen stattgehabter und noch fortschreitender Senkung angesehen werden können, geht unmittelbar aus dem hervor, was im Artikel »Inseln« Bd. II., pag. 147 gesagt wurde. Wenn nach der Darwin-Dana'schen Theorie die Korallenbauten das sichere Kriterium einer sinkenden Küste abzugeben schienen, ist dieses nach der Rein-Murray'schen Theorie nicht nur nicht der Fall, sondern diese erfordert im Gegentheile geradezu Hebungen, wie sie übrigens auch aus anderen Gründen für die Gebiete der Koralleninseln, den stillen Ocean, wahrscheinlich werden. Dieses Beispiel zeigt auch, wie die Beurtheilung der indirekten Merkmale der Verschiebungen im Niveau von Meer und Land geradezu von hypothetischen Voraussetzungen abhängig und daher keineswegs unzweifelhaft ist.

Als indirekte Merkmale einer positiven Verschiebung haben nach dem l. c. Erörterten auch die Deltabildungen bedingungsweise Bedeutung. An Flachküsten mit positiver Bewegung werden die Deltabildungen eine geringe verticale Mächtigkeit, dafür aber eine bedeutende horizontale Ausdehnung erlangen.

Sind die Küsten steil, so deuten vorgelagerte Inseln und Riffe, Neigung zur sogen. Scheerenbildung[3]) auf eine positive Verschiebung hin. Auch das Auftreten zungenförmiger Nehrungen, die am anderen Ende mit dem Lande wieder verwachsen und dann Strandseen einschliessen, giebt einigen Grund, eine positive Verschiebung der Küsten anzunehmen.[4])

Auf einzelne dieser Merkmale zur Beurtheilung der Verschiebungen muss bei der nachfolgenden Besprechung der geographischen Vertheilung derselben noch einmal eingegangen werden. Diese aber gestaltet sich nach unseren heutigen Erfahrungen wie folgt.

---

1) Ackermann, Beiträge zur phys. Geographie der Ostsee. Hamburg 1883, pag. 31, und Forchhammer: Ueber die veränderte Wasserhöhe an den dänischen Küsten. Zeitschr. f. allg. Erdkunde. Berlin 1856. pag. 477.

2) v. Richthofen, Anleitung zu wissenschaftl. Beob. auf Reisen. pag. 306.

3) Die der Küste vorliegenden grösseren und kleineren Felseninseln Skandinaviens, die Skjären (schwedisch).

4) Günther, l. c. pag. 443.

Europa. Das klassische Gebiet der Niveauschwankungen ist Skandinavien, auch schon, weil mit der Erforschung derselben Namen wie CELSIUS, LINNÉ, PLAYFAIR, L. VON BUCH und LYELL verknüpft sind.

Wie schon vorher erwähnt, hatte als einer der ersten CELSIUS, die einschlägigen Beobachtungen gemacht und sie in Uebereinstimmung mit der Anschauung der Küstenbevölkerung, mit DALIN, dem Geschichtschreiber des schwedischen Reiches und mit LINNÉ, dem berühmten Naturforscher, als ein Sinken des Meeres gedeutet. JESSEN und andere Forscher deuteten dieselben Beobachtungen als Folge einer Hebung des Landes. Dieselbe Ansicht sprach 1802 PLAYFAIR und bald nach diesem, beide aber von einander unabhängig, L. v. BUCH aus. LYELL wollte anfangs die Erscheinung bezweifeln, er glaubte nicht an die Beweglichkeit der Landveste. Ein Besuch in Schweden im Jahre 1834 aber brachte ihm die Ueberzeugung bei, dass Schweden an der Ostküste am Bothnischen Meeresbusen wirklich langsam in die Höhe steige. Alle späteren Beobachtungen bestätigten in gleicher Weise, dass Skandinavien im Ganzen ein ausgezeichnetes Hebungsgebiet (positive Verschiebung) darstelle, wenngleich im Einzelnen die Verhältnisse doch keineswegs so klar und unzweifelhaft zu liegen scheinen, wie dieses die ersten Beobachter annahmen.

Sehr wichtig waren die Beobachtungen von BRAVAIS. In dem Bericht über seine an den Berghängen Finmarkens vorgenommenen Messungen alter Niveaustände des Meeres, lenkte er zum ersten Male die Aufmerksamkeit auf die alten Uferlinien und ihre Beschaffenheit. Spätere Forschungen ergaben, dass man wesentlich 2 Arten solcher Uferlinien zu unterscheiden habe, die Strandterrassen und die Strandwälle. Vergl. Artikel »das Meer«, Bd. II, pag. 410.

Jene sind concave Aushöhlungen, oft mehrere treppenförmig übereinander liegend, welche lediglich durch die Meereserosion hervorgerufen werden. Sie werden als eigentliche Terrassen im losen Gerölle, als Strandlinien im festen, anstehenden Fels ausgebildet, wie dieses besonders PETTERSEN in einer wichtigen Arbeit über diese Gegenstände unterscheidet.[1]) Nach BRAVAIS l. c. erstrecken sich im Altenfjord bei Hammerfest in Finmarken zwei übereinanderliegende Strandlinien mit Unterbrechungen auf 4—4½ geogr. M. und zeigen ganz beträchtliche Abweichungen, sodass ihre Höhe von 15—39 Meter senkrechte Unterschiede zeigt. Beide Strandlinien sind in der jetzigen geologischen Periode, d. h. seit einer Zeit entstanden, welche nur eine geringe Veränderung in der Meeresfauna des Küstengebietes aufzuweisen hat. Das Auffallende war der nicht horizontale und nicht parallele Verlauf der Strandlinien, wie ihn BRAVAIS darstellte und wie er auch durch spätere Untersuchungen von CHAMBERS seine Bestätigung zu finden schien.

Dass man, wenn diese Thatsache richtig war, bei der früheren Annahme einer wirklichen Horizontalität im Meeresniveau, nicht zu der alten Erklärung eines Sinkens des Meeresspiegels seine Zuflucht nehmen konnte, sondern dass dieselbe mit »mathematischer Evidenz« eine ungleiche Erhebung des Festlandes beweise, sprach NAUMANN schon mit allem Nachdrucke aus.[2])

Freilich scheint eine erneute Untersuchung der alten BRAVAIS'schen Strandlinien, die durch PETTERSEN ausgeführt wurde (l. c.) die frühere Annahme nicht zu bestätigen. Dieser genaue Kenner und fleissige Erforscher seiner nordischen

[1]) Terrassen und alte Strandlinien, deutsch von R. LEHMANN, Zeitschr. f. d. gesammt. Naturwiss. 53 Bd. pag. 783.

[2]) Geognosie. Bd. I., 1858, pag. 254.

Heimath glaubt, und mit ihm R. LEHMANN, einen durchaus parallelen Verlauf der einzelnen Strandlinien annehmen zu müssen. Aber mit der inzwischen gewonnenen Ueberzeugung von der nicht überall gleichen Niveaulage der Meeresfläche würde auch selbst dann, wenn thatsächlich eine geringe Convergenz der Strandlinien sich erweisen sollte, doch die mathematische Evidenz NAUMANN's als nicht mehr zutreffend zu bezeichnen sein.

In ähnlicher Weise lassen sich die marinen Strandlinien von der Nordküste von Norwegen abwärts längs der ganzen Westküste bis zum Cap Lindesnäs und an der schwedischen Ostküste bis nach Finnland und zum Bothnischen Meerbusen verfolgen und somit eine positive Verschiebung für ganz Skandinavien erkennen. Ob thatsächlich der Betrag der verticalen Bewegung ein sehr verschiedener ist an den verschiedenen Stellen der Küste, und ob dieselbe heute noch ungleich fortschreitet, das bedarf ebenso noch genauerer Prüfung wie die auffallende Thatsache, dass der südlichste Theil von Schweden, freilich nur ein ganz kleines Gebiet und ebenso zwei Punkte an der norwegischen Küste, nämlich Arendal und Skavanger, inmitten dieser positiven Verschiebung in negativer Bewegung begriffen sein sollen. Gerade die Südspitze am Cap Lindesnäs, wo zwei steingefasste Docks etwa 1,17 Meter über dem Wasserspiegel sich finden, ist ein so sicher positiv bewegtes Gebiet.[1]).

Auch die nördlichen Ostseeprovinzen befinden sich in positiver Verschiebung, während die baltischen Küsten Deutschlands stark negativ verschoben scheinen. Nach HAHN dürfte der neutrale Punkt zwischen beiden Bewegungen nahe der Insel Oesel gelegen sein.[2]) Aber freilich ist die Frage für die deutsche Ostseeküste keinesweges entschieden. GEINITZ kam bei seinen Untersuchungen in Mecklenburg zu grade entgegengesetzten Resultaten.

Dagegen scheinen die Inseln des polaren Meeres, die Küsten des Weissen, des Karischen Meeres und die Nordspitze Sibiriens übereinstimmend der positiven Bewegung zu unterliegen.

Die negativen Verschiebungen herrschen dagegen wieder entschieden vor vom südlichen Jütland an längs der ganzen Westküste von Holstein durch Holland, Belgien, Nord-Frankreich und scheinen auch auf die Nordküste der pyrenäischen Halbinsel sich auszudehnen. Die zahlreichen Zerstörungen des einbrechenden Meeres an den Küsten von Holstein und Nord-Friesland sind wohl durch die Senkungsvorgänge des Landes wesentlich eingeleitet worden, obschon man an einzelnen Stellen, z. B. Helgoland kaum in der Lage ist, zu trennen, was von der wirklich wahrnehmbaren Zerstörung auf Kosten der negativen Bewegung und was lediglich auf die Arbeit der Meeresbrandung zu schreiben ist. Das ganze negativ bewegte Gebiet zeigt zudem eine Reihe von Stellen, an denen man lokale positive Bewegung annehmen muss, so bei Calais, an der Mündung der Somme und an den Küsten der Vendée.

Die Westküste von Schottland, Nord-Irland und Wales scheinen positiv sich zu bewegen, dagegen Süd-England, der südwestliche Theil von Irland im Gegentheile negativ. Sehr ausgebildet und schön erscheinen die alten Strandlinien (Raised-beaches) an der nördlichen und östlichen Küste von Irland und von da hinübergreifend an den Ufern des Clyde in Schottland, hier an der Küste von Kintyre, Arran, Rothsay besonders deutlich entwickelt. Funde alter Canoes in den alten Meeresterrassen am Clyde, sowie Feuersteingeräthe und Muschelschalen

[1]) TOULA, l. c. pag. 661.

[2]) l. c. pag. 158.

in den jetzt hochgelegenen Strandkiesablagerungen liefern den Beweis, dass die Küste von Schottland seit der Occupation der Britischen Inseln durch die alten celtischen Stämme eine bedeutende positive Verschiebung erlitten hat.[1])

Von den Küsten von Portugal und Spanien sind kaum zuverlässige Angaben bekannt, in der unmittelbaren Nähe von Gibraltar wird positive Bewegung angenommen: ebenso gilt dieses für den grössten Theil der westlichen Ufer des Mittelmeeres. In Italien scheinen Ligurien, die Balearen, Corsica, Sardinien und ebenso Sicilien grösstentheils positiv bewegt zu sein.

Wie bedeutend diese Bewegung für Sicilien in den jüngsten geologischen Zeiten war, das erkannte schon F. Hoffmann aus über 1100 Meter hochliegenden jüngsttertiären, von lebenden nur wenig abweichenden Meeres-Conchylien. Für die aber auch augenblicklich noch fortdauernde aufsteigende Bewegung der gesammten sicilianischen Küsten sind vielfache anderweitige Beobachtungen gemacht worden. G. G. Gemmelaro[2]) hat für die Ostküste vom Şimeto bis Alcantara eine Hebung nachgewiesen, die an den Çyclopischen Inseln mindestens 13 Meter Höhe erreicht hat. Seguenza und Theob. Fischer haben ebenfalls Beweise für die positive Bewegung der Nord- und Westküste beigebracht und endlich finden sich weitere Angaben über die gleichsinnige Bewegung von Sartorius von Waltershausen und von Lasaulx mitgetheilt.[3]) Der erstere glaubte aus seinen l. c. angeführten Beobachtungen den Schluss ziehen zu können, dass die Erhebung im Jahrhundert nicht mehr wie 1 Meter betrage. Dass sie stattgefunden hat, ist aber unzweifelhaft dargethan.

Eines der wichtigsten Beispiele für stattgehabte hin- und hergehende Bewegung und zugleich eines der ersten und klassischsten Zeugnisse für die Schnelligkeit, mit der solche Vorgänge sich vollziehen können, bietet sich in dem berühmten Serapistempel zu Puzzuoli nahe bei Neapel. 3 Säulen aus krystallinischem, mit grünen chloritischen Adern durchzogenem, schiefrigem Kalkstein, sogen. Cippolin, die im ganzen ca. 12 Meter Höhe besitzen, stehen auf dem Boden der alten Vorhalle. In völlig gleicher Höhe, ca. 3 Meter über dem Boden, beginnt an den drei Säulen eine ringsumlaufende Zone etwa 3½ Meter breit, die mit unzähligen Löchern bedeckt ist, wie sie die im Meerwasser lebenden Steinbohrmuscheln *(Lithodomus lithophagus)* erzeugen. In den gegen 6 Centim. tiefen Löchern stecken z. Th. noch wohlerhaltene Schaalen und Bruchstücke derselben. Das Meer muss also nach der Restauration des Tempels unter M. Aurel und Septimius Severus wenigstens noch einmal eine Höhe von 6 Metern über dem Boden des Tempels erreicht haben. Nach Lyell blieb der untere Theil der Säulen, welcher glatt und ohne Löcher ist, durch Bedeckung mit vulkanischem Tuff geschützt.

Thatsächlich ragten die Säulen bis zum Jahre 1750 nur mit ihren oberen Enden aus dem Schutt heraus, und dann erst wurden sie mit den umgebenden Resten ausgegraben. Ein 2 Meter unter der heutigen, meist nur wenige Zoll betragenden Wasserbedeckung des Tempelbodens gefundener Mosaikboden unterstützt die Annahme, dass die Küste schon nach der Erbauung und vor der späteren Restaurirung des Tempels, besonders aber nach dieser letzteren, eine Senkung erlitt und längere Zeit bis zu der Tiefe, welche die obere Grenze

---

[1]) E. Hull, Physical. Geol. and Geogr. of Ireland. London 1878, pag. 107.

[2]) Atti dell' Accad. Gioën. II. Ser. XIV.

[3]) Sartorius-Lasaulx: Der Aetna. Bd. II, pag. 415 ff.

der durchlöcherten Zone anzeigt, unter Wasser blieb und dann sich wieder zu ihrem jetzigen Niveau erhob.

Nach genaueren Untersuchungen, welche der Architekt NICCOLINI anstellte, lag das Niveau des Meeres um 200 n. Chr. ca. 6 Meter unter dem heutigen, wie alte Wasserbauten erweisen. Im Jahre 80 n. Chr., zur Zeit der Restauration des Tempels, lag das Niveau noch 2,25 Meter unter dem heutigen; denn der alte Mosaikboden war noch überfluthet und desshalb wurde der höhere Boden angelegt. Im Jahre 717 n. Chr. erfolgte die Verschüttung bis zur unteren Grenze der Bohrlöcherzone, zwischen dem 9. und 10. Jahrhundert erreichte das Meer seinen höchsten Stand, 6 Meter über dem jetzigen. Nun zog sich das Wasser wieder zurück. Im Jahre 1503 stand das Meer schon wieder 1 Meter tiefer als heute. FERDINAND und ISABELLA schenkten nach einer noch vorhandenen Urkunde das dem Meere entstiegene Land der Stadt Puzzuoli. Dieses Zurückziehen des Meeres mag etwa bis zum Beginne des 18. Jahrhunderts gedauert haben, von da ab gewann das erstere wieder an Terrain. So sind also hier nachweislich negative, positive und wieder negative Bewegung sich gefolgt. Augenblicklich sind wieder Anzeichen positiver Verschiebung vorhanden. Ein so schnelles Oscilliren, wie es hier nach allen Erscheinungen unabweislich angenommen werden muss, ist noch nicht anderswo constatirt worden.

Auch an der venetianischen Küste sind Anzeichen schneller negativer Bewegung in versunkenen Bauten und Mosaikböden vorhanden, und diese Zone setzt sich an der Adria entlang fort bis in den Golf von Patras. Auch die Osthälfte von Candia zeigt negative Erscheinungen.

Afrika und Asien. Ob das Land längs der Dardanellen zuletzt positive oder negative Bewegung ausgeführt habe, muss als unentschieden gelten und ebenso sind bezüglich der ganzen Küste von Klein-Asien und Nord-Afrika die Angaben keinesweges ganz zuverlässig. Sie würden einen vielfachen Wechsel von positiven und negativen Stellen längs dieser Küste ergeben. Im Gebiete der Landzunge von Suez scheint, wie dieses schon CARSTEN NIEBUHR im vorigen Jahrhundert erkannte und TH. FUCHS[1]) neuerdings bestätigte, die positive, landschaffende Bewegung obzuwalten, gewiss nicht zum Nutzen des Canals.

Im südlichen Afrika, östlich von der Kapstadt bei Port Natal und am nördlichen Ausgange der Strasse von Moçambique finden sich Spuren einer positiven Bewegung, der auch die Westküste von Madagaskar selbst unterworfen scheint. An den Südküsten von Asien sind fast durchweg ebenfalls positive Bewegungen nachgewiesen worden. An der Indusmündung scheint eine negative Schwankung sich einzuschieben. Für das Deltaland des Ganges und Bramaputra widersprechen sich die Annahmen. Ganz Hinter-Indien ist in positiver Bewegung begriffen, nur für Tongkin und Cochinchina ist dieses noch fraglich. Jedenfalls beginnt hier ein Saum von negativen Erscheinungen, der nach v. RICHTHOFEN durch Süd-China bis zur Mündung des Yangtze reicht. Nach Norden positive, nach Süden negative Bewegung, gewissermaassen die Drehungsachse in den in der Hangtscheo-Bucht unter 30° nördl. Br. liegenden Tschusan-Inseln zu sehen. Wie die nordchinesische Küste, so ist auch der weitere ganze nördliche Saum des asiatischen Continentes in aufsteigender Bewegung und auch für Japan beweisen dieses nach REIN[2]) zahlreiche alte Strandlinien und Spuren von Bohrmuscheln über der heutigen Fluthhöhe.

[1]) Denkschr. Akad. d. Wiss. Wien 1877. 38. Bd., auch TOULA, l. c., pag. 666.

[2]) REIN, J. J., Japan, 1. Bd. Leipzig 1881. pag. 64.

Der indische Archipel ist in seiner ganzen Ausdehnung vorwaltend durch positive Bewegung ausgezeichnet. Die Zone derselben erstreckt sich nordwärts über die Philippinen, über Formosa und die Liukiu-Inseln bis nach Japan, im Osten bis zu den Marianen. Nordwestlich von Borneo, vielleicht mit dem Gebiete von Tongkin zusammenhängend, liegt eine negative Zone, die auch über die Nordseite von Neu-Guinea sich fortzieht.

Australien und Polynesien. Nord- und West-Australien heben aus, während an der Ostküste einer unmittelbar vorausgegangenen negativen Periode jetzt ebenfalls eine positive gefolgt zu sein scheint. Tasmanien verhält sich ebenfalls positiv und somit fast alle australischen Küsten übereinstimmend.

Neu-Seeland bietet nach den Beobachtungen von HAAST und v. HOCHSTETTER das merkwürdige Beispiel einer doppelten, also drehenden oder schaukelnden Bewegung. Während die nordwestliche und westliche Küste z. Th. mit ziemlicher Sicherheit eine erfolgte negative Bewegung erkennen lässt, scheint dagegen die Ostküste die deutlichen Spuren einer positiven Bewegung aufzuweisen. Als Achse dieser Drehung nimmt v. HOCHSTETTER eine Linie an, welche etwa parallel der Westküste verläuft und im Tauranga-Hafen an der Nordküste der Nordinsel endigt.

Für die zahlreichen Inseln von Polynesien, für welche grösstentheils ausschliesslich auf Grund der DARWIN'schen Theorie über die Korallenbauten gemeinsame negative Bewegung angenommen wurde, bedarf es einer erneuerten, genaueren Feststellung der vorliegenden Merkmale. Dass für viele der hier befindlichen Inseln im Gegensatze zu der früheren Annahme geradezu ausgeführte positive Verschiebungen sich ergeben werden, das vermag man wohl jetzt schon zu übersehen. Die Untersuchungen von Gesteinen einiger der Inselgruppen innerhalb des alten grossen sogen. Senkungsfeldes im Sinne der DARWIN'schen Korallentheorie, haben für diese die Nothwendigkeit der Annahme einer noch in nachtertiärer Zeit erfolgten Hebung dargethan, so für die Inseln des Viti-Archipels das Vorkommen von andesitischen und basaltischen Tuffen mit nachtertiären Fossilien, die jetzt über dem Meeresniveau liegen[1]).

Amerika. Auch über den südlichen Theil des südamerikanischen Continentes, Patagonien, sind die Ansichten keinesweges übereinstimmend und zuverlässig und selbst die von DARWIN so nachdrücklich betonte positive Bewegung längs der Küsten von Chile und Peru will SUESS keinesweges als bewiesen gelten lassen[2]). An der Küste von Brasilien scheinen sowohl positive als negative Bewegungen sich zu vollziehen. In Central-Amerika herrscht positive Bewegung, auch auf den Antillen solche vor. Die Bahama-Inseln vergleicht HAHN[3]) mit einem Brette, das nach Norden über das Wasser emporsteigt, nach Süden unter dasselbe hinabtaucht. An der Westküste von Nord-Amerika fehlen sichere Anzeichen für die eine oder andere Bewegung fast ganz, im Norden an der Insel Vancouver und in der Nähe der Beringstrasse scheint die positive Bewegung von Asien aus hinüberzugreifen.

An der Südostseite des nordamerikanischen Continentes erscheint das Mündungsgebiet des Mississippi als eine noch fragliche Zone. Nach dem schnellen Wachsthum des Delta's könnte man wohl eine positive Bewegung voraussetzen, aber

[1]) WICHMANN, A., Beitrag zur Petrographie des Viti-Archipels. TSCHERMAK's Mittheil. 1882. V. 1.

[2]) SUESS, das Antlitz der Erde I. Leipzig 1883. pag. 137.

[3]) l. c., pag. 104.

bei der ungeheuren Menge von Sinkstoffen im Mississippi sollte man dann fast ein noch schnelleres Wachsthum annehmen. Das Maass desselben ist aber noch nicht ganz zuverlässig festgestellt. Ob also positive, ob negative Bewegung anzunehmen ist, das müssen erst genauere Untersuchungen für die Nord-Küsten des Meerbusens von Mexico ebenso darthun, wie für die Halbinsel Florida, welche fast als bewegungslos erscheint. Für Florida würde sich dieses noch erklären, da es in der Mitte liegt zwischen der positiven Zone der Antillen und der ziemlich zuversichtlich als negativ erkannten Zone der Küsten der Vereinigten Staaten. An diesen zeigen sich überall die deutlichen Anzeichen der Oberherrschaft des Meeres in Einbrüchen desselben, in Haffbildungen, versunkenen Wäldern, trichterförmigen tiefen Flussmündungen und dergl. Neufundland bewegt sich positiv, während für Grönland's südlichen Theil eine negative, für dessen nördlichen Theil eine positive Schwankung angegeben wird. Ueber den nordamerikanischen Polararchipel sind noch keine hinlänglich zuverlässigen Beobachtungen vorhanden, obschon mancherlei Angaben die Annahme eines ausgedehnten arktischen Gebietes positiver Bewegung unterstützen.

Wenn im Vorhergehenden vornehmlich die Bewegung für ein bestimmtes Küstengebiet angegeben ist, welche als noch in der Gegenwart fortdauernd anzunehmen ist, so darf doch hierbei nicht vergessen werden, dass in manchen Fällen auf diese nur aus den Wirkungen abgelaufener Bewegung geschlossen werden konnte. Es kann daher das Bild der augenblicklich herrschenden Niveauverschiebungen, wie es sich etwa kartographisch nach jenen Angaben construiren liesse, keinesweges Anspruch machen, in der That vollkommen gleichzeitig für alle Theile Giltigkeit zu haben. Wenn man aber den Versuch macht, nicht die gegenwärtig wirksamen, sondern die seit einer bestimmten Zeit, also z. B. seit der Tertiärzeit wirklich vollzogenen Verschiebungen von Meer und Festland festzustellen, dann würde man wohl ein ganz verschiedenes Bild erhalten, das nur in einzelnen Theilen mit dem vorhergehenden zur Deckung gebracht werden könnte[1]).

Kann aber aus der im Vorhergehenden angegebenen geographischen Vertheilung der beiden Arten von Niveauschwankungen auf irgend eine Gesetzmässigkeit oder auch nur eine Regelmässigkeit in den Erscheinungen geschlossen werden? Diese Frage muss wohl im Grossen und Ganzen noch mit einem Nein beantwortet werden. Man muss dabei immer wieder daran erinnern, dass doch ein grosser Theil der vorliegenden Angaben überhaupt nur Anspruch auf Wahrscheinlichkeit machen darf und dass viele nur durch sehr unsichere, indirekte Merkmale von gänzlich hypothetischem Werthe getragen werden, so, um nur ein Beispiel anzuführen, die Senkungsgebiete durch die Korallenbauten.

So kann also bei dem heutigen Standpunkte dieser Frage und dem thatsächlich feststehenden Mangel an wirklich zuverlässigem und exaktem Beobachtungsmateriale für die meisten Gebiete noch nicht daran gedacht werden, ein Gesetz aus der Vertheilung der positiven und negativen Bewegung herzuleiten. Wie selbst ein für so vortrefflich angesehenes Beobachtungsmaterial doch von verschiedenen Forschern in ganz divergirender Weise gedeutet werden kann,

---

[1]) PESCHEL hat einen interessanten Aufsatz über die Verschiebung der Welttheile seit den tertiären Zeiten geschrieben, auf den hier verwiesen wird; ebenso bei TOULA, l. c., pag. 681 nachzusehen.

dafür bietet wohl auch vornehmlich die Erörterung der Strandlinien am Altenfjord, durch BRAVAIS und durch PETTERSEN-LEHMANN einen sprechenden Beleg.

Wenn daher trotzdem eine Reihe von Regeln aus den bisherigen Beobachtungen hergeleitet und von HAHN[1]) und ZÖPPRITZ zusammengestellt worden sind, so haben diese z. Th. heute schon ihre Giltigkeit verloren, zum anderen Theile sind es eben eigentlich keine Gesetzmässigkeiten, sondern nur Erfahrungssätze, die für die ursächliche Erklärung des Phänomens ganz ohne Bedeutung sind. Von den von ZÖPPRITZ[2]) zusammengefassten Regeln (l. c.) haben eigentlich nur folgende unbestreitbare Richtigkeit, aber dabei eben nur geringen Werth für die Erkenntniss des causalen Zusammenhanges der Erscheinungen. Sie lauten: »Die geologische Zusammensetzung und das geologische Alter der Gebiete scheint auf die Richtung ihrer Bewegung ohne Einfluss zu sein. Das anscheinende Vorwiegen von Hebungen gegen Senkungen erklärt sich durch die leichtere Nachweisbarkeit der ersteren. Die Vertheilung von Hebung und Senkung ist einem unaufhörlichen Wechsel unterworfen«.

Gegenüber der im Vorhergehenden mehrfach angedeuteten Unsicherheit bezüglich der Beobachtung und Bestimmung der Bewegung und ihrer Richtung, kommt man denn auch neuerdings in immer zunehmendem Umfange zu der Ansicht, dass thatsächlich der grössere Theil der Erscheinungen, aus welchen man Niveauverschiebungen geschlossen hat, mindestens einer erneuten Prüfung und Bestätigung bedürfe und dass ganz besonders solche auffallende Erscheinungen, wie z. B. die Schaukelbewegungen gewisser Inseln mindestens noch als sehr zweifelhaft angesehen werden müssen[3]).

So unsicher aber, wie in vielen Fällen die Deutung der Erscheinungen selbst noch ist, ebenso wenig sicher ist die Ursache der vorhandenen Veränderlichkeit bisher erkannt worden. Die verschiedensten Meinungen standen und stehen sich noch gegenüber.

Wir können füglich eine Reihe der nur von einzelnen Autoren geäusserten Ansichten und ganz besonders auch die älteren Hypothesen über die Ursachen der Niveauverschiebungen übergehen. Es finden sich dieselben ziemlich ausführlich zusammengestellt in dem im Literaturverzeichniss angeführten Vortrage von TOULA. Schon in den ersten Theorien, deren im Vorhergehenden pag. 244 gedacht wurde, begegnen wir demselben Gegensatze, der auch heute noch obwaltet. Entweder wird die Bewegung der Landmassen oder die Oscillation des Meeresspiegels angenommen. Jene erstere vornehmlich von der Autorität LEOPOLD's VON BUCH getragene Ansicht, hatte auf eine Zeit lang die ältere Ansicht von der Beweglichkeit des Meeres vollständig zurückgedrängt.

Und obwohl es von vornherein gewiss natürlicher erscheint, den grossen Wassermassen der Meere eine Veränderlichkeit zuzuschreiben, so traten doch in neuerer Zeit die ersten Versuche, gegen die Bewegung der Landmassen aufzutreten, nur schüchtern hervor und fanden im Grossen und Ganzen kaum Beachtung.

Es war ROBERT CHAMBERS, welcher schon im Jahre 1848 einen grossen Theil der Erscheinungen, welche man als Hebungen und Senkungen des Landes gedeutet hatte, auf Bewegungen des Meeresspiegels zurückzuführen versuchte. Er

---

[1]) l. c. 133.

[2]) Der gegenwärtige Standpunkt der Geophysik. WAGNER's geogr. Jahrb. Bd. 8. 1880. 42.

[3]) SUPAN, Grundzüge d. phys. Erdk. pag. 188 ff.

hat jedenfalls das unbestreitbare Verdienst, einen neutralen Ausdruck für die Erscheinung vorgeschlagen zu haben, indem er zuerst von den Verschiebungen der Küstenlinie »shifts in the relative level« sprach.

Im Anschlusse an seine Ansichten erklärte sich auch A. TYLOR bestimmt gegen das langsame Heben und Senken grosser Strecken Landes. Er war der Meinung, dass eine Abnahme der Wasser des Oceans als der wahre Grund der streitigen Vorgänge anzusehen sei.

H. TRAUTSCHOLD sprach sich in dem gleichen Sinne aus, indem er die unaufhörliche Verminderung der Meere als die Ursache der Niveauverschiebungen annahm. Thatsächlich beobachtete Senkungen des Landes sucht er durch lokale Unterwaschungen, Zusammensinken der Sedimente unter eigenem Druck, Einstürze u. dergl. zu erklären.

Mancherlei Erscheinungen sprechen in der That dafür, dass eine überaus langsame Abnahme der Meerwasser nicht unmöglich und sogar wahrscheinlich ist, wenngleich dieselbe jedenfalls viel zu unbedeutend ist, als dass sie zur Erklärung der Niveauschwankungen ausreichen könnte. Eine Abnahme ist in historischen Zeiten jedenfalls durch nichts bewiesen, eine wesentliche Aenderung im Salzgehalte der Meere, wie sie mit der Abnahme nothwendig eintreten müsste, auch seit längeren geologischen Zeiträumen kaum wahrscheinlich zu machen. Und so kann wohl von einer Erklärung der bedeutenden Niveauverschiebungen, wie sie in historischen Zeiten und seit der letzten geologischen Epoche, der Eiszeit, nachweislich stattgefunden haben, durch eine, wenn auch vielleicht vorhandene, so doch nicht nachweisbare und nicht bemerkbare Abnahme des Flüssigen auf der Erde ernstlich nicht die Rede sein.

Aber durch veränderte Anschauungen über die Bewegungen in den festen Theilen der Erdoberfläche, welche sich, vorzüglich von den vulkanischen Vorgängen ausgehend, Bahn brachen, wurde doch auch nach anderer Seite der Glaube an die Möglichkeit langsamer verticaler Bewegungen der Landmassen, d. i. also der eigentlichen Hebungen, stark erschüttert. Schon C. PREVOST, der erste Begründer der Theorie von den gebirgsbildenden Wirkungen der Contraction der Erde, hatte auch Bedenken gegen die BUCH'sche Ansicht von den radialen Auf- und Abwärtsbewegungen der Continente ausgesprochen.

Und neuerdings hat E. SUESS diese ältere Anschauung durch neuere Erfahrungen und Studien zu dem Satze weiter ausgebildet:

Es giebt keinerlei verticale Bewegungen des Festen mit Ausnahme jener, welche etwa unmittelbar aus der Faltenbildung hervorgehen. Aber wenn dieses auch bezüglich der Eingangs dieses Artikels erwähnten Schollenbewegungen in der Erdfeste einer gewissen Einschränkung bedarf, so viel muss doch zugegeben werden, dass die Annahme rythmischer Auf- und Abbewegungen der Festlande, wie sie die früheren Ansichten v. BUCH's und dessen Anhänger voraussetzten und auch der nachweislichen Oscillationen wegen voraussetzen mussten, nach den neueren Erfahrungen über vulkanische Vorgänge sowohl, als über den Gebirgsbau nicht wohl mehr zugegeben werden kann. Und damit wurde es eine consequente Folgerung jenes ersten Satzes, dass die Verschiebungen der Strandlinien durch Schwankungen des Seespiegels, durch Veränderungen in der Gestalt der Hydrosphäre, erklärt werden müssten.

Dazu kommt aber noch ein weiterer Umstand hinzu, der eine alte Ansicht über die Erscheinung der Schwankungen des Meeresspiegels unhaltbar erscheinen lässt. Man war früher immer der Meinung, dass die Verschiebungen der Küsten-

linie, wenn sie durch Bewegung des Meeres hervorgerufen würden, nothwendig parallele und über grosse Küstenstrecken hin horizontale und gleichartige sein müssten. Man nahm eben an, dass die Wasserhülle der Erde thatsächlich der idealen Gestalt des Sphäroides entspreche und sonach die Grenzlinie zwischen Meer und Festland überall als die wirkliche Horizontale gelten könne. Neuere Forschungen haben aber ergeben, dass die Meeresoberfläche sehr beträchtliche Abweichungen von der Sphäroidfläche zeigt.

Schon im Jahre 1849 hatte STOKES[1]) in einer Reihe von Abhandlungen numerische Angaben über die Erhebung des Meeresspiegels an den Küsten in Folge der anziehenden Wirkungen des Landes gemacht. In Deutschland hat TH. FISCHER[2]) ebenfalls diese Frage behandelt und kommt, wenn auch auf anderem Wege, doch zu demselben Resultate, dass thatsächlich in Folge der einseitigen Anziehung des Meeres durch die continentalen Küsten dasselbe längs dieser eine beträchtlich höhere und eine nach dem Maasse der Anziehung verschiedene Höhenlage einnehme. Endlich hat sich LISTING[3]) mit der genaueren mathematischen Definition der Fläche beschäftigt, welche die Oberfläche des Meeres bildet und für welche er den Namen Geoid eingeführt hat. (Bezüglich weiterer Angaben über diese Frage mag noch auf die am Schlusse angeführten Werke von PENK, PFAFF und GÜNTHER verwiesen werden. Bei letzterem, Bd. I, pag. 191—209, findet sich eine vollständige Zusammenstellung auch der ganzen einschlägigen Literatur.)

An diese Erfahrungen anknüpfend, hatte schon SUESS l. c. den möglichen Weg angedeutet, um durch Annahme veränderter Schwere gewisse Verschiebungen der Grenze zwischen Land und Meer zu erklären. Er meinte, es hätte eine oscillirende Anhäufung der Wasser gegen die Pole stattgefunden und hierauf habe sich in ähnlichen Oscillationen eine Formveränderung in entgegengesetzter Richtung vollzogen. Die Ursache dieser Formveränderungen der Hydrosphäre vermuthete SUESS in Schwankungen der Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde, also in Variationen auch der Tageslänge und der Fliehkraft.

PENK, der sich im Wesentlichen den Voraussetzungen von SUESS, soweit sie die Annahme ausschliesslicher oder doch wenigstens weitaus überwiegender Bewegungen des Meeres betreffen, anschliesst, glaubt die Ursache für die Bewegungen gleichwohl in einem anderen Phänomen finden zu können. Zunächst sucht er zu beweisen, dass die Faltungsvorgänge der Erdkruste Verschiebungen des Meeresniveau's direkt oder indirekt nach sich ziehen, indem hierdurch Aenderungen in dem Maasse der Attraction hervorgerufen werden, mit welcher eine Küste auf die anliegende Meeresfläche wirkt. Ist dieses einmal erkannt, dass der Meeresspiegel schon durch die blosse Attraction der verschiedenartig bewegten Theile des Landes in seiner Niveaulage beeinflusst wird, so ist damit unzweifelhaft die Quelle für eine Menge lokaler, auf kurze Strecken hin fühlbarer Oscillationen des Meeresspiegels gegeben und es ist jedenfalls nicht mehr gestattet, aus lokal wechselnden Hebungs- und Senkungserscheinungen nur auf ungleiche Bewegung der Erdkruste zu schliessen.

Nun ist aber ein Umstand ganz besonders geeignet, eine erhöhte Attraction

[1]) Transact. of the Cambridge Philos. Soc. 1849.

[2]) Untersuchungen über die Gestalt der Erde. Darmstadt 1868.

[3]) Ueber unsere jetzige Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde. Nachr. d. k. Gesell. d. Wissensch. Göttingen 1873, pag. 9.

der Landmassen zu bewirken, das ist ihre Vergletscherung, die Bedeckung mit Eismassen von oft ungeheurer Mächtigkeit.

Vornehmlich an dem Beispiele des mit einer wechselnden Eisdecke überzogenen Grönlands sucht PENK darzuthun, dass ein inniger Zusammenhang zwischen den Meeresspiegelschwankungen und den Veränderungen in der Vereisung thatsächlich besteht. Wenn sich die Gletschereismasse vermindert und von dem Küstensaum zurückgezogen hat, und so auch die Attraction auf das naheliegende Meer eine geringere geworden, muss dieses zurückweichen und die Küste Hebungserscheinungen zeigen. Vermehrt sich die Inlandeismasse, dringen die aus ihr hervorgehenden Gletscher vor, so erfolgt an der Küste eine Steigerung der Attraction und es müssen sich Senkungserscheinungen fühlbar machen. Für Grönland scheint in der That nach einer Reihe von PENK mitgetheilter Beobachtungen dieses Verhältniss zuzutreffen. Auch andere Polarländer z. B. Spitzbergen lassen nach ihm eine ähnliche Beziehung zwischen Umfang der Vergletscherung und Bewegung der Küstenlinie erkennen, wenngleich in minder deutlicher Weise wie Grönland.

Gehen aber in den heutigen Polarländern Verschiebungen der Küstenlinie Hand in Hand mit Oscillationen in der Vergletscherung, so muss solches in weit beträchtlicherem Maasse früher der Fall gewesen sein, als während der Quartärperiode, der sogen. Eiszeit, ausgedehnte Strecken des Landes vergletschert und mit einer mächtigen Eisdecke überzogen waren, die heute ganz eisfrei sind.

Hierdurch kommen die Verschiebungen der Strandlinien mit der Eiszeit in direkten Zusammenhang. Und thatsächlich hat sich diese Wahrnehmung auch vielen anderen Geologen schon aufgedrängt, dass gerade die Eiszeit eine Periode aussergewöhnlicher Schwankungen in den Grenzen von Festland und Meer gewesen sei.

Dieselben Ursachen, welche für die Entwicklung der Eiszeit angenommen müssen demnach auch zur indirekten Erklärung der Niveauschwankungen des Meeres herangezogen werden. In dem Artikel »Gletscher« Bd. II, pag. 104 ist die Theorie von J. CROLL über die Entstehung der Eiszeiten näher erörtert worden und wird hier darauf verwiesen. An diese schliesst sich im Allgemeinen auch PENK in seinen Entwicklungen an. Die nach CROLL's Annahme alternirenden Vergletscherungen bewirkten das eine Mal in Folge der Attraction der Eismassen eine Anziehung der Wassermassen nach dem Nordpole, das andere Mal nach dem Südpole. Da aber ebenfalls nach CROLL's Voraussetzungen mit den alternirenden Vergletscherungen auch Verschiebungen des Schwerpunktes der Erde stattfinden müssen, so kommt also nicht allein die Bewegung der Wassermassen polwärts in Folge der Attraction der Eismassen in Betracht, sondern auch die Kraft der durch diese bewirkten Verschiebung des Gravitationscentrums noch hinzu. So wird der Betrag der Meeresspiegelanschwellung noch gesteigert.

Weit besser freilich scheinen die wirklich beobachteten Erscheinungen noch mit der Annahme in Uebereinstimmung zu stehen, dass nicht alternirend, sondern gleichzeitig beide Hälften eine Vergletscherung erlitten. Schon WALLACE hat in diesem Sinne der genialen Theorie CROLL's eine Modification gegeben, der auch PENK zuzustimmen geneigt ist. Waren beide Erdhalbkugeln gleichzeitig vergletschert, dann waren durch die Eismassen viermal grössere Wassermassen gefesselt als heute, und eine beträchtlich grössere Senkung des Meeresspiegels nach dem Aequator zu erfolgte durch die beiderseitig polwärts gleichzeitig wirkende grössere Attraktion. Und die Verschiebungen der Grenzen

von Wasser und Land, welche sich zeitlich und räumlich an die Gletscherentfaltung knüpfen, würden sich dann auch in ihrem vollen Umfange erklären lassen.

Aber freilich so auffallend dieser Zusammenhang zwischen den klimatischen Aenderungen und der Vermehrung oder Verminderung der Eismassen einerseits und den Niveauschwankungen von Meer und Festland andererseits sich auch darbietet, so kann man doch wohl kaum annehmen, dass damit die einzige Ursache der Verschiebungen der Strandlinien gefunden sei. Vielmehr sind diese, wie auch PENK ausdrücklich anerkennt, nicht das Produkt einer einzigen Ursache, sondern die Folge ineinander greifender Processe und sie von diesem Gesichtspunkte aus zu betrachten giebt dem Studium der vor sich gehenden Veränderungen der Grenzen von Wasser und Land neuen Reiz.

So lange es noch nicht möglich ist, die regelmässige Wiederkehr der Eiszeiten auch in früheren geologischen Epochen zu erweisen, wie es die Theorie von CROLL erfordert, wird man freilich kaum auf diese zur Erklärung der nachweislich ungeheuren Niveaüschwankungen, wie sie auch damals schon erfolgt sind, zurückgreifen können. Man denke nur an die in dem vielfachen Wechsel von verschiedenartigen Schichten sich ausprägenden, lange Zeiträume fortdauernden Oscillationen, wie sie die Kohlenformation charakterisiren und an die ungeheuren Niveaudifferenzirungen, wie sie in der verschiedenen Höhenlage gleichartiger und im Allgemeinen auch gleichaltriger Schichten z. B. der pag. 241 angeführten Nummulitenschichten uns entgegentreten.

Da vermischt sich mit der Frage über die Ursachen dieser altgeologischen Schwankungen in der Vertheilung von Land und Meer noch eine andere ungelöste Frage, die aber von der grössten Bedeutung ist für die Beantwortung jener: Das ist die Frage nach der Constanz der Weltmeere und Continente. Sind die Meere, sowie sie heute existiren, schon in den ältesten Entwicklungsstadien der Erde im Allgemeinen vorgebildet gewesen, oder aber sind zur Zeit der Bedeckung der heutigen Meere andere, jetzt verschwundene Continentalmassen aufgetaucht, aus deren Zerstörung auch ein Theil der ungeheuren Sedimente herzuleiten wäre, welche als marine Absätze über die heutigen Continente sich ausgebreitet haben.[1]) Den augenblicklichen Stand dieser Frage hat neuerdings H. JORDAN übersichtlich dargestellt.[2]) Wenn aber auch darüber noch die Meinungen ganz verschieden sind, ob das Wechselverhältniss von Meer und Festland im Grossen und Ganzen immer dasselbe wie heute oder ein durchaus verschiedenes und wechselndes gewesen sei, das kann nicht geleugnet werden, dass die Begrenzung beider Elemente in allen Theilen der Erde eine von der heutigen wenigstens einigermaassen verschiedene gewesen sein muss.

Selbst SUESS[3]), welcher die Niveauschwankungen von jedem Zusammenhange mit verticalen Bewegungen loszulösen bestrebt ist, hat in seinem neuesten Werke, in welchem er die Ueberzeugung von der Unmöglichkeit einer Hebung d. i. der selbständigen verticalen Aufwärtsbewegung eines Stückes der Erdrinde ohne Beeinflussung durch Faltenbildung in der ganzen Umgebung besonders eingehend auszuführen versucht hat, doch Thatsachen angeführt, welche mit der Ansicht

[1]) Vergl. z. B. HULL, E., Contributions to the Physical History of the British Isles. London 1882. Cap. IV., on the Permanency of continents and oceans, pag. 23.

[2]) Beständigkeit oder Unbeständigkeit der Continente. HUMBOLDT, Jahrg. I, pag. 398.

[3]) Das Antlitz der Erde. Abthl. II, 1885.

von der Constanz der gegenwärtigen Vertheilung von Wasser und Land im Widerspruche zu stehen scheinen.

Freilich erklärt er nunmehr alle erfolgten Differenzirungen durch Senkungen und Einstürze, welche z. Th. in verhältnissmässig junger geologischer Zeit Meerestiefen und Binnenmeere entstehen liessen. So wurden denn auch nach SUESS durch solche spätere, bedeutende, freilich nicht plötzlich, sondern langsam sich vollziehende Einstürze, Tafelländer mit flach oder horizontal gelagerten Schichten von ihrer Wasserbedeckung befreit Während man sich diese früher als gehoben dachte, wären sie also nach SUESS unbewegt geblieben und nur durch das Zurückziehen des Meeres in die durch den Einsturz gebildeten Tiefen scheinbar gehoben und ins Trockene gelegt worden.

Es würde also hiernach doch die Schollenbewegung der Theile der Erdrinde, wie sie sich in den grossen Verwerfungen und in dem treppenförmigen Aufbau der Plateaugebirge z. B. im südlichen Afrika unzweifelhaft documentirt, auch Antheil haben an der Verschiebung der Grenzlinien von Meer und Land.

Das ist auch im Eingange dieses Artikels, pag. 238, wo von diesen Bewegungen die Rede war, hervorgehoben worden, dass sich nicht immer entscheiden lasse, welcher Art von Bewegung die sichtbare Differenzirung ihre Entstehung verdanke. In diesem Falle bleibt aber der Zusammenhang einer Bewegung, die ausschliesslich im Festen ihren Sitz hat, mit einer Verschiebung der Grenzlinien von Land und Meer unzweifelhaft bestehen.

Und so muss man um so mehr der Ansicht von den combinirten Ursachen der Verschiebungen der Küstenlinien zustimmen.

Oscillirende und in regelmässigen Intervallen wiederkehrende Verschiebungen, welche langsam und im Grossen stetig fortschreitend sich vollziehen, sind von solchen in der Ursache verschieden, welche nur eine einmalige, in gleicher Weise nicht sich wiederholende, in ihrer Vollendung den Eindruck des plötzlichen und jähen Vollzuges machenden Niveauveränderung bewirkt haben.

Sind die ersteren auf kosmische Einflüsse nach der Theorie von CROLL und PENK und damit vorzüglich auf Bewegungen des Flüssigen, auf Schwankungen des Meeresspiegels zurückzuführen, so hängen die letzteren mit Bewegungen im Festen zusammen, wie solche sich in den grossartigen Niveaudifferenzirungen innerhalb der festen Erdrinde unzweifelhaft documentiren. Die Bewegung des Festen zieht erst die Bewegung der Meere nach sich.

Solche Verschiebungen, welche gleichzeitig über grössere Theile der Erdoberfläche sich erstrecken, können sowohl der ersteren als der letzteren Gattung angehören. Die Amplitude der Bewegung darf nach den bisherigen Annahmen wohl für die Meeresspiegelschwankungen als weniger bedeutend angenommen werden, als die Grösse der Differenzirung in den Festlandsmassen und die dadurch bewirkten Verschiebungen im Niveau von Land und Meer. Die Schnelligkeit der Bewegung gestattet keinen sicheren Schluss auf die eine oder andere Ursache. Im Allgemeinen dürften lokal erfolgende und auffallend schnell fortschreitende Verschiebungen, wie z. B. die an der Küste von Puzzuoli pag. 246 auf Bewegungen innerhalb der Landfeste selbst zurückzuführen sein.

Solche positive oder negative Küstenbewegungen, welche nur eine lokale Ausdehnung zeigen, sind auch durch lokale Ursachen bedingt. Diese mögen aus einer combinirten Wirkung der Faltungs- oder blossen Senkungsvorgänge in den Continenten, die auch die Lage der Küstenränder verändern, und der hiermit zu

gleich veränderten Lage der Meeresfläche in Folge der vermehrten oder verminderten Attraction jener ihre Erklärung finden.

Eine genauere Erforschung und Durchmusterung aller Küsten, ohne Beziehung auf irgend eine der bestehenden Hypothesen, sondern nur zur exakten Feststellung der thatsächlich noch obwaltenden oder der früher vollzogenen positiven oder negativen Bewegungen vermag erst über die Tragweite der bisherigen Schlussfolgerungen zu entscheiden.

Literatur: CHAMBERS, R., Ancient Sea-Margins as Memorials of Changes in the relative Level of Sea and Land. Edinburgh 1848. CREDNER, R., Die Deltas, in PETERM. geogr. Mittheil. Ergänzungsband 1878, No. 56. DECHEN, H. v., Ueber die vermeintlichen säkularen Schwankungen einzelner Theile der Erdoberfläche. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. f. Nat. u. Heilk. 1880. DRASCHE, R. v., Bemerkungen zu den neueren nnd neuesten Theorien der Niveauschwankungen. Acta Leopoldina 1880. GÜNTHER, S., Lehrbuch der Geophysik. Stuttgart 1885, Bd. II. Abthl. VII., pag. 442. HAHN, F. G., Untersuchungen über das Aufsteigen und Sinken der Küsten, ein Beitrag zur allg. Erdkunde. Leipzig 1879. KLEIN, J. H., Die langsame Veränderung der Erdfeste. Gaea, Jahrg. 16, pag. 385. LEHMANN, R., Ueber ehemalige Strandlinien im anstehenden Fels in Norwegen. Halle 1879. NAUMANN, C. F., Geognosie I. 2. Aufl. Leipzig 1858. § 75 f. f. pag. 231 (ältere Literatur). PENK, A., Schwankungen des Meeresspiegels. Jahrb. d. geogr. Ges. München 1882. Bd. VII. PESCHEL-LEIPOLDT, Physische Erdkunde. Leipzig 1879. I. Cap. VIII. u. IX. PETTERSEN, K., Terrassen und alte Strandlinien. Deutsch von R. LEHMANN, Zeitschr. für ges. Naturwiss. Bd. 53, pag. 280. PFAFF, F., Allg. Geologie als exakte Wissenschaft. Leipzig 1873. Cap. 10, und: Zur Frage der Veränderungen des Meeresspiegels durch den Einfluss des Landes. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. XXXVI. 1884. SUESS, E., Ueber die vermeintlichen säkularen Schwankungen einzelner Theile der Erdoberfläche. Verhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1880. No. 11. SUPAN, A., Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig 1884, pag. 188 ff. TOULA, Fr., Ueber die säkularen Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche. Vortrag in den Schriften des Vereins zur Verbreit. naturwiss. Kenntnisse. Wien 1880. TRAUTSCHOLD, H., Ueber säkulare Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche 1869 und Sur l'invariabilité du niveau des mers. Moscou 1879. TYLOR, A., On the formation of Deltas and on the Evidence and Cause of great Changes in the Sea Level during the glacial Period. Geol. Magazine IX. 1872, pag. 392 u. 485. ZÖPPRITZ, C., Ueber die Schwankungen des Meeresspiegels in Folge von geol. Veränderungen. Ann. d. Physik u. Chem. (2) 11 Bd., pag. 1016.

Silicate

von

Prof. Dr. Kenngott.

Das Siliciumdioxyd, SiO_2, gewöhnlich Kieselsäure genannt, welches für sich vorkommend den allgemein verbreiteten Quarz (s. pag. 117) und den seltener vorkommenden Tridymit (s. pag. 123) bildet, ist durch seine mannigfaltigen Verbindungen, Silicate genannt, die hervorragendste Säure und weil diese Verbindungen gegenüber denen anderer Säuren überaus zahlreiche sind, so erschien es zweckmässig, einzelne Gruppen derselben abzuzweigen.

So wurden bereits Silicate in den Artikeln Erze, Glimmer, Opal und Opaline besprochen, werden noch Silicate in den Artikeln Sklerite und Zeolithe besprochen werden, während hier noch zahlreiche Silicate zu behandeln sind, welche besonders in den Silicatgesteinen eine hervorragende Rolle spielen. Die Verbindungsweise ist sehr mannigfaltig, indem sowohl einfache Silicate mit Basen RO, namentlich CaO, MgO, FeO und MnO, sowie mit Al_2O_3, als auch Doppelverbindungen mit Al_2O_3 und Basen RO, mit Al_2O_3 und Basen R_2O (vornehm-

lich K_2O und Na_2O, seltener Li_2O), oder mit Al_2O_3 und Basen RO und R_2O zusammen vorkommen, bisweilen auch Fe_2O_3 an Stelle der Thonerde enthalten ist. Bei diesen Silicaten lassen sich von den neutralen, in denen das Sauerstoffverhältniss von Basis und Säure 1:2 ist, saure oder basische verschiedener Art unterscheiden. Die grosse Mehrzahl der hier anzuführenden Species sind wasserfreie Verbindungen. Die meisten der wichtigsten Species sind krystallographisch genau bestimmt und bieten in dieser Beziehung interessante Beispiele des Iso- und Dimorphismus. Sie lassen in chemischer und morphologischer Beziehung verschiedene Gruppen aufstellen.

I. Die Augit- und Amphibolgruppe.

Diese umfasst wesentlich neutrale Silicate, auch Bisilicate genannt nach dem Sauerstoffverhältniss, einfache und Doppelverbindungen. Bezüglich der Krystallgestalten ist die Augitgruppe durch ein Prisma von ungefähr $87°$ oder $93°$, die Amphibolgruppe durch ein Prisma von ungefähr $124°30'$ charakterisirt, dem hier auch meist die vollkommenste Spaltbarkeit entspricht.

1. Der Augit und der Diopsid, zwei nahe verwandte Species oder zwei Varietäten derselben Species je nach der Auffassungsweise, welche als klinorhombisch krystallisirende auf- und eingewachsene Krystalle bilden, die im Achsenverhältniss übereinstimmen und mannigfaltige Combinationen bilden. In der vertikalen Zone ist fast immer das Prisma ∞P vorhanden, dessen klinodiagonale Kanten $= 87°6'$ sind, dasselbe ist meist vorherrschend ausgebildet. Dazu treten gewöhnlich gleichzeitig die Quer- und Längsflächen als gerade Abstumpfung der Prismenkanten und werden bisweilen vorherrschend, wodurch die Krystalle als rechtwinklig vierseitige Combinationen der Quer- und Längsflächen (Fig. 2) die rechtwinkligen Combinationskanten durch das Prisma ∞P schief abgestumpft zeigen. Andere Prismen sind selten, wie $\infty P\bar{3}$ und $\infty P\breve{3}$. Als Begrenzung der offenen Gestalten ist sehr häufig (Fig. 1) die hintere klinorhombische Hemipyramide P' allein vorhanden (oft an den eingewachsenen Augitkrystallen), deren klinodiagonale Endkanten $= 120°48'$ sind. Bei solchen Krystallen ist die Ausdehnung der einzelnen Combinationsgestalten sehr verschieden, bald herrschen die Prismenflächen oder die Hemipyramide, bald die Quer- oder die Längsflächen vor. Oft treten dazu die Basisflächen als Abstumpfung der spitzen Combinationsecken von P' mit $\infty P\bar{\infty}$ und sind gegen die Querflächen unter $105°49'$ geneigt. Bisweilen sind die klinodiagonalen Endkanten der Hemipyramide P' gerade abgestumpft durch das hintere Querhemidoma $P'\bar{\infty}$, welches mit den Querflächen die Combinationskanten $= 105°30'$ und $74°30'$ bildet, selbst an der Combination $\infty P\bar{\infty} \cdot \infty P\breve{\infty} \cdot \infty P$ (Augit von Nordmarken bei Filipstad in Schweden) allein die Begrenzung bildet.

(Min. 241—242.)

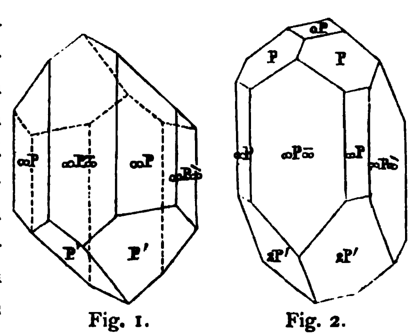


Fig. 1. Fig. 2.

Auch finden sich in den Combinationen noch andere klinorhombische vordere und hintere Hemipyramiden, so (Fig. 2) die vordere Hemipyramide P mit der klinodiagonalen Endkante $= 131°30'$, die hintere Hemipyramide $2P'$ $(95°48')$, oder noch die vordere Hemipyramide $2P$ $(111°16')$ und andere.

Häufig sind Contactzwillinge nach den Querflächen, welche als aufgewachsene wie orthorhombische Krystalle erscheinen, seltener sind Zwillinge nach anderen

Gesetzen. Die Krystalle sind kurz-, weniger lang prismatisch, bilden bei unvollkommener Ausbildung Körner oder Stengel, selten Nadeln und Fasern, zu derben Massen verwachsen körnige (der sogen. Kokkolith), stenglige, fasrige oder schalige Aggregate. Spaltbar parallel ∞P, mehr oder minder deutlich, unvollkommen parallel den Quer- und Längsflächen, während die bisweilen deutliche Spaltbarkeit parallel den Basisflächen nach G. vom Rath als Absonderung auf Zwillingsbildung nach oP beruht. Der Bruch ist uneben bis muschlig.

So wie in der Krystallisation Augit und Diopsid übereinstimmen, man den Diopsid, so wie noch andere eigen benannte Vorkommnisse (Fassait, Pyrgom, Malakolith, Salit, Baikalit u. a. gestaltlich als einer Species (Augit) angehörige Varietäten aufzufassen hat, bedingt auch die physikalische Beschaffenheit keine Trennung. Sie sind meist grün, hell bis dunkel, einerseits bis fast farblos oder grünlichweiss, andererseits bis grünlichschwarz, auch braun oder grau, glasglänzend bis schwach wachsartig, auf vollkommenen Spaltungsflächen bisweilen in Perlmutterglanz neigend, durchsichtig bis undurchsichtig, der Strich ist weiss, grau, grünlichweiss oder gelblichgrau. H. = 5,0—6,0; spec. Gew. = 2,9—3,5.

Die Zusammensetzung ist im Allgemeinen schwankend, indem die wesentlichen Bestandtheile Kalkerde, Magnesia und Eisenoxydul procentisch wechselnd mit der Kieselsäure das neutrale Silicat $RO \cdot SiO_2$ bilden, doch tritt nach der Mehrzahl der Analysen, wenn Eisenoxydul als Stellvertreter der Magnesia aufgefasst wird, das Verhältniss $CaO \cdot SiO_2 + Mg, FeO \cdot SiO_2$ hervor. Der Eisenoxydulgehalt wechselt von 0,5 bis 16 Proc., wonach die Reihe mit $CaO \cdot SiO_2 + MgO \cdot SiO_2$ beginnend, welche Formel 25,9 Kalkerde, 18,5 Magnesia und 55,6 Kieselsäure erfordert, bis zu $2(CaO \cdot SiO_2) + MgO \cdot SiO_2 + FeO \cdot SiO_2$ ansteigt, welche Formel 24,1 Kalkerde, 8,6 Magnesia, 15,5 Eisenoxydul und 51,8 Kieselsäure erfordert. Hierauf beruht zunächst der Wechsel der Farbe vom farblosen oder weissen durch grün bis zum fast schwarzen Augit und zum Theil die Trennung des Diopsid und Augit, der hellen und dunklen Augite. Als Stellvertreter des Eisenoxydul findet sich bisweilen in geringer Menge MnO. Ausserdem findet sich häufig neben den angeführten Bestandtheilen Thonerde in wechselnden Mengen, von 0 bis etwa 10 Procent, wonach man thonerdefreie und thonerdehaltige Augite unterschied, ohne dass dadurch die morphologischen und physikalischen Verhältnisse wesentlich beeinflusst werden, und man erklärte früher den Gehalt an Thonerde als eine Folge von Beimengungen, was bisweilen auch der Fall sein kann. Rammelsberg dagegen zeigte, dass die Thonerde wie bei den Chloriten als wechselnder Stellvertreter des Silicates $RO \cdot SiO_2$ aufzufassen sei, während Tschermak die Thonerde einem stellvertretenden Silicate $RAl_2O_4 \cdot SiO_2$, speciell dem Silicate $MgAl_2O_4 \cdot SiO_2$ angehörig auffasst.

V. d. L. schmelzen die Augite ruhig oder mit einigem Aufwallen zu weissem, grauem, grünem bis schwarzem Glase, mit Borax oder Phosphorsalz reagiren die meisten auf Eisen, während weisse, farblose oder wenig gefärbte mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht durch blassrothe Färbung den Magnesiagehalt andeuten. Von Säuren werden die Augite wenig oder nur unvollständig zersetzt.

Augit mit seinen verschiedenen Varietäten findet sich sehr häufig, die krystallisirten in Drusenräumen, auf Klüften und Spalten aufgewachsen oder in Gesteinsarten eingewachsen, wie in Aphanit-, Basanit- und Basaltprophyren, die körnigen als wesentlicher Gemengtheil der Gabbro- und Doleritgesteine, unwesentlich in Marmor, oder bilden grob- bis feinkörnige derbe Massen, die selbst als Gestein, Augitfels, Kokkolith untergeordnet auftreten. Schöne durchsichtige

grüne Diopside werden bisweilen als Schmuckstein geschliffen, wie die aus dem Zillerthale in Tyrol, die körnigen in Norwegen und Schweden als Zuschlag beim Schmelzen der Eisenerze verwendet.

Durch eine geringe chemische Veränderung, zum Theil mit Aufnahme von etwas Wasser, entsteht, besonders in den Gabbrogesteinen der sogen. Diallagit (Diallag, Schillerspath z. Th.), welcher vollkommen nach den Querflächen spaltbar wird und auf diesen Spaltungsflächen einen eigenthümlichen halbmetallischen Perlmutterglanz zeigt. Ausserdem zeigt er unvollkommene bis deutliche Spaltbarkeit parallel den Längs- und den Prismaflächen ∞ P. Er ist grau, gelblichgrün, bräunlichgrün, tombackbraun bis schwärzlichbraun gefärbt, undurchsichtig bis kantendurchscheinend und ist etwas minder hart als der unveränderte Augit. Die Bestandtheile sind die des Augit nur in etwas abweichenden Mengen. V. d. L. schmilzt er mehr oder weniger leicht zu grauem oder grünlichem Email.

Durch eine viel weiter gehende Veränderung, unter Aufnahme von Wasser und Alkalien und Ausscheidung von Kalkerde und Magnesia z. Th. entsteht eine grüne, erdige Substanz, Grünerde oder Seladonit genannt, welche zum Theil Pseudokrystalle nach Augit bildet, wie in Aphanitporphyren, auch in Blasenräumen derselben als Bekleidung oder Ausfüllungsmasse oder derb vorkommt. Dieses specifisch unsichere Mineral, welches auch aus ähnlichen Silicaten als Umwandlungsprodukt entsteht oder womit ähnliche Produkte vereint werden, ist seladongrün, olivengrün bis schwärzlichgrün, matt, im Schnitte etwas glänzend, undurchsichtig, hat H. = 1,0—2,0 und spec. Gew. = 2,8—2,9, ist milde, fühlt sich schwach seifenartig an und haftet wenig an der Zunge. Ist v. d. L. zu schwarzem magnetischem Glase schmelzbar und in kochender Salzsäure zersetzbar, Kieselsäurepulver hinterlassend. Findet sich bisweilen reichlich, wie am Monte Baldo bei Verona in Italien, im Fassathale in Tyrol, bei Kosakow und Kaden in Böhmen, auf Cypern, Island und den Faröern und wird als grüne Farbe zum Anstreichen verwendet. Verwandt ist der sogen. Nigrescit und Viridit.

Eine eigenthümliche Umwandlung erleidet auch der Augit dadurch, dass bei Erhaltung der Gestalt der Krystalle die ganze Masse derselben aus der Hauptachse parallelen Krystallfasern zusammengesetzt erscheint, wie dies besonders schön ein Vorkommen aufgewachsener Krystalle bei Agiolla unweit Traversella in Piemont zeigt, welches Traversellit genannt wurde. Die Krystallfasern stellen fasrigen Amphibol dar und haben nahezu die Zusammensetzung des Augit oder Amphibol und man betrachtet diese Umwandlung als eine Folge der Umlagerung der Atome, insofern die Krystallmolecule des Augit in solche des Amphibol übergehen. In ähnlicher Weise entsteht der sogenannte Uralit aus eingewachsenen Krystallen des Augit in Aphanitporphyr vom Ural u. a. O. und der wegen seiner hellgrünen Farbe Smaragdit genannte krystallinische Gemengtheil des Gabbro am Genfer See, in Corsica und im Fichtelgebirge.

2. Der Hypersthen und der Enstatit. Diese beiden isomorphen Species verhalten sich nahezu zu einander, wie der Augit zum Diopsid und wurden früher, bevor man ausgebildete Krystalle derselben kannte, nach dem Spaltungsprisma für isomorph mit Augit gehalten. Gegenwärtig aber ist durch deutliche Krystalle entschieden worden, dass sie orthorhombisch krystallisiren, immerhin eine gewisse Verwandtschaft mit der Gestalt der Augite zeigen, insofern das Prisma ∞ P wenig in den Winkeln von dem Prisma ∞ P des Augit und Diopsid abweicht, die brachydiagonalen Kanten jenes den orthodiagonalen Kanten dieses entsprechen. Auch sind die Spaltungsflächen übereinstimmende parallel dem Prisma, den

Quer- und Längsflächen, nur in der Deutlichkeit etwas abweichend, so dass man vor der Kenntniss ausgebildeter Krystalle nach den Spaltungsflächen Augit, Diopsid, Hypersthen und Enstatit für isomorph halten konnte. In der Zusammensetzung entsprechen sie der Formel $RO \cdot SiO_2$ und es ist der Enstatit wesentlich Magnesiasilicat $MgO \cdot SiO_2$ mit 60% Kieselsäure und 40% Magnesia, wobei immer etwas Magnesia durch Eisenoxydul ersetzt ist, während der Hypersthen wesentlich Magnesia uud Eisenoxydul enthält, der Formel Mg, $FeO \cdot SiO_2$ entsprechend, im Mittel 17,24% Magnesia, 31,04% Eisenoxydul und 51,72% Kieselsäure enthaltend.

Der Enstatit, zuerst krystallisirt in einem dem Serpentin ähnlichen mikrokrystallischen Gestein des Berges Zdiar bei Aloysthal in Mähren, dann am Berge Brésouars bei Markirch in den Vogesen und sehr grosse Krystalle bildend bei Kjörrestad zwischen Krageroë und Langesund im norwegischen Kirchspiel Bamle gefunden, findet sich auch als Gemengtheil von Gabbro und in Olivinfels, sowie in Meteorsteinen, selbst bisweilen mächtige derbe Massen bildend, ist vollkommen spaltbar parallel den Querflächen, deutlich parallel dem Prisma ∞ P, undeutlich parallel den Längsflächen und hat unebenen bis splittrigen Bruch. Er ist graulich- oder grünlichweiss bis fast farblos oder blassgrün, gelblichgrün, wenig glänzend bis schimmernd, permutterartig auf den vollkommenen Spaltungsflächen, halbdurchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 5,5 und spec. Gew. = 3,1 bis 3,3. V. d. L. ist er fast unschmelzbar und in Säuren unlöslich.

Der Hypersthen, welcher derb, individualisirte Massen und körnige Aggregate bildend bis eingesprengt vorkommt, auch als Gemengtheil von Gabbro und als Geschiebe wurde erst in neuerer Zeit krystallisirt gefunden, wie in vulkanischen Auswürflingen am Laacher See (Amblystegit) und in Trachyt vom Rocher du Capucin am Mont Dore in Frankreich, flächenreiche Combinationen bildend, ist vollkommen spaltbar parallel den Längsflächen, deutlich parallel dem Prisma ∞ P, unvollkommen parallel den Querflächen, im Bruch uneben bis splittrig. Er ist schwärzlichgrün bis grünlichschwarz, schwärzlichbraun bis pechschwarz, auf den vollkommenen Spaltungsflächen perlmutterartig glänzend mit halbmetallischem Schiller und bräunlichrother Farbe, sonst wenig glas- bis wachsglänzend, undurchsichtig bis schwach an den Kanten durchscheinend, hat H. = 6,0 und spec. Gew. = 3,3—3,4. V. d. L. ist er mehr oder weniger leicht schmelzbar zu grünlichschwarzem, oft magnetischem Glase und wird von Säuren wenig angegriffen. Er findet sich nicht häufig, beispielsweise an der Küste von Labrador, auf der St. Pauls-Insel (Paulit), auf der Insel Skye, in Norwegen, bei Bodenmais in Bayern, in New-York, Canada u. a. O. Schöne schillernde Vorkommnisse werden bisweilen zu Schmucksteinen und Ornamenten verarbeitet.

Bei der Zunahme des Gehaltes an Eisenoxydul im Enstatit, ist eine Grenze gegenüber dem Hypersthen schwierig festzustellen, um so weniger die Trennung des sogen. Bronzit, welcher zwischen Enstatit und Hypersthen gestellt wird, zu empfehlen, zumal der Bronzit ähnlich dem Diallagit meist etwas Wasser enthält und bei geringerer Härte als die des Enstatit und Hypersthen auf eine ähnliche Veränderung durch Aufnahme von Wasser hinweist, wodurch das ursprüngliche Eisenoxydul in Eisenoxydhydrat theilweise umgeändert, den gelben bis braunen Schiller auf den vollkommenen Spaltungsflächen z. Th. zu bedingen scheint, der z. Th. auch durch interponirte Lamellen erklärt wird. Ausser den wesentlichen Bestandtheilen enthalten Enstatit bis Hypersthen bisweilen etwas Kalkerde oder Manganoxydul, selbst Thonerde, deren Anwesenheit ähnlich wie bei Augit gedeutet wird. Durch weiter fortschreitende Veränderung als die in

dem Bronzit beginnende, entstehen mehr Wasser enthaltende Magnesia-Eisenoxydul-Silicate, wie der Pikrophyll, Diaklasit, Phästin und Bastit oder Schillerspath.

3. Der Wollastonit (auch Tafelspath genannt), ein Silicat der Kalkerde, $CaO \cdot SiO_2$ mit 48,3 Kalkerde und 51,7 Kieselsäure, findet sich selten deutlich krystallisirt; die oblong tafelartigen mit vorherrschender Querfläche und in der Richtung der Querachse bis prismatisch ausgedehnten Krystalle sind zum Theil complicirte klinorhombische Combinationen, welche durch ihre Ausbildung wenig Aehnlichkeit mit denen des Augit zeigen, jedoch auch ein Prisma ∞P (87° 18′) haben und häufig Zwillinge nach der Querfläche bilden. Die Spaltungsflächen dagegen sind nicht übereinstimmend, indem die zwei vollkommenen parallel den Quer- und Basisflächen sich unter 95° 30′ und 84° 30′ schneiden, ausser diesen noch zwei vollkommene parallel den hinteren Querhemidomen $\frac{1}{2}P'\bar{\infty}$ und $P'\bar{\infty}$ vorkommen, welche gegen die Querflächen unter 110° 4′ und 129° 35′ geneigt sind und unter diesen vier in der Querachsenzone liegenden, die pararllel den Basisflächen am wenigsten vollkommen sind. Gewöhnlich bildet er körnige, körnigblättrige bis schalige, auch radialstenglige bis fasrige Aggregate. Er ist farblos bis weiss, graulich-, gelblich- oder röthlichweiss bis isabellgelb und fleischroth, glasglänzend, auf den Spaltungsflächen bis perlmutterartig, mehr oder weniger durchscheinend bis (selten) durchsichtig, hat H. = 4,5—5,0 und spec. Gew. = 2,78—2,91. V. d. L. ist er schwierig schmelzbar zu halbdurchsichtigem Glase, giebt mit Phosphorsalz geschmolzen Kieselskelett und ist in Salzsäure vollständig löslich, Kieselgallerte abscheidend. Als bemerkenswerthe Fundorte sind der Vesuv, wo er in den vulkanischen Auswürflingen des Monte Somma vorkommt, der Capo di Bove bei Rom, die Insel Nea Kaimeni bei Santorin, Cziklowa und Orawicza im Banat, Perheniemi in Finnland, Gökum in Schweden, Kongsberg in Norwegen, Lengefeld in Sachsen, Willsborough, Diana und Lewis in New-York zu erwähnen.

Anmerkung. Bei der eigenthümlichen Gestaltung des Wollastonit ist es von Interesse anzuführen, dass ein zu den Zeolithen gerechnetes Mineral, der Pektolith in der Krystallisation mit dem Wollastonit übereinstimmt, auch nach den unter 95° 23′ geneigten Basis- und Querflächen spaltbar ist und wie Wollastonit ein neutrales Silicat darstellt, welches der Formel $Ca_4Na_2H_2O_6 \cdot Si_6O_{12}$ entspricht, wenn H_2O wie Na_2O als Basis aufgefasst wird.

4. Der Rhodonit (auch Mangankiesel und Kieselmangan genannt) ein neutrales Silicat des Manganoxydul, $MnO \cdot SiO_2$ mit 54,2 Manganoxydul und 45,8 Kieselsäure, nebenbei auch etwas FeO, CaO und MgO enthaltend und wozu der an Kalkerde reiche (mit etwa 8 Procent) krystallisirte Pajsbergit von Pajsberg bei Filipstad in Schweden gehört, findet sich sehr selten deutlich krystallisirt und entfernt sich am meisten von der Form des Augit. Er krystallisirt anorthisch, ziemlich complicirte Combinationen bildend, an denen 2 Flächenpaare sich unter 87° 38′ schneidend, als $l\infty P$. und $r\infty P$ aufgefasst eine Vergleichung mit Augit gestatten, parallel welchen auch deutliche Spaltungsflächen beobachtet werden. Meist findet er sich derb, individualisirte Massen und krystallinisch-körnige Aggregate bildend, welche in dichte Massen übergehen. Er ist dunkel rosenroth, bläulich- oder bräunlichroth, röthlichbraun und grau, mehr oder weniger durchscheinend, glasglänzend, z. Th. in Permutterglanz geneigt, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 3,5—3,7. V. d. L. schmilzt er in der Reductionsflamme zu rothem Glase, in der Oxydationsflamme zu einer schwarzen, metallisch glänzenden Kugel, zeigt mit Borax, Phosphorsalz oder Soda starke

Manganreaction und wird in Salzsäure nicht aufgelöst. Durch Verwitterung wird er braun bis schwarz. Als Fundorte sind beispielsweise anzuführen Langbanshytta und Pajsberg in Schweden, Malaja Szedelnikowaja s.s.ö. von Katharinenburg am Ural, wo er in grossen Massen vorkommt und zu Vasen und anderen Ornamenten verarbeitet wird, St. Marcel in Piemont, Kapnik in Siebenbürgen und Elbingerode am Harz, wo er dicht und gemengt mit Hornstein vorkommt und so Hydropit, Photicit, Allagit und Diaphorit genannt wurde.

Im Anschluss an den Rhodonit ist zu erwähnen, dass ein blassfleischrothes Mineral von Franklin in New-Jersey, Keatingin genannt, dessen undeutlich ausgebildete Individuen zwei deutliche, unter 116° gegen einander geneigte Spaltungsflächen zeigen, nach der Formel Mn, $CaO \cdot SiO_2$ mit etwas Zinkoxyd zusammengesetzt ist. Derselben Formel, mit wenig FeO und MgO entspricht der stenglige bis fasrige rothe bis graue oder grünlichgelbe Bustamit von Campiglia in Toscana, Monte Civillina bei Vicenza, Laangban in Schweden und aus Mexiko, auf eine Mittelspecies zwischen Rhodonit und Wollastonit hinweisend.

In der Krystallisation dem Rhodonit ähnlich und nach zwei Richtungen unter 87° 30′ spaltbar ist auch der röthlichbraune bis rosenrothe Fowlerit von Stirling und Hamburg in New-Jersey, welcher wesentlich Mn, $FeO \cdot SiO_2$ mit wenig stellvertretenden Basen CaO, MgO und ZnO darstellt. In die Reihe dieser neutralen Silicate gehört auch der schwärzlichgrüne bis schwarze, derbe, nach einem Prisma von 87° 5′ und parallel den Quer- und Längsflächen spaltbare Hedenbergit von Tunaberg in Södermanland in Schweden, Arendal in Norwegen und Fürstenberg in Sachsen, welcher nach der Formel Ca, $FeO \cdot SiO_2$ zusammengesetzt ist, dem sich der in der Form und den Spaltungsflächen dem Augit ähnliche Jeffersonit von Sparta und Franklin in New-Jersey anreiht, welcher nach der Formel $CaO \cdot SiO_2 + RO \cdot SiO_2$ zusammengesetzt als Basen RO Eisenoxydul, Manganoxydul, Magnesia und Zinkoxyd enthält. — Die anorthischen Krystalle des schwarzen, glänzenden, undurchsichtigen Babingtonit von Arendal in Norwegen, von Baveno in Ober-Italien, von den Shetland-Inseln, von Herbornseelbach in Nassau und aus Devonshire in England, welcher an den beiden letzten Fundorten auch stenglige Aggregate bildet, haben eine gewisse Verwandtschaft mit denen des Rhodonit, sind nach zwei Richtungen unter 87° 23′ spaltbar, nach der einen derselben vollkommen und lassen bei sonst analogen Verhältnissen in den anderen Eigenschaften, so wie nach dem gleichen Verhalten, v. d. L. leicht zu schwarzer magnetischer Perle wie Hedenbergit zu schmelzen und in Säuren nicht gelöst zu werden, ihn in diese Gruppe stellen. Er enthält aber neben vorwaltendem Kalkeisenoxydul-Silicat Ca, $FeO \cdot SiO_2$ noch etwas neutrales Eisenoxyd-Silicat. Ein umgekehrtes Verhältniss, vorwaltend neutrales Eisenoxyd-Silicat mit wenig Kalkerde-Silicat zeigt der gleichfalls anorthisch krystallisirte Szaboit aus dem Andesit des Aranyer-Berges in Siebenbürgen, vom Monte Calvario bei Biancavilla am Aetna und in trachytischem Gestein vom Riveau grand im Mont Dore in Frankreich. Auch dieser krystallisirt anorthisch und zeigt an seinen dünnen, durch die Längsflächen tafeligen Krystallen ein anorthisches Prisma von 87° 30′. Er ist bräunlichroth bis rostgelb und durchsichtig, bei zunehmender Dicke graulichbraun und undurchsichtig.

Allen diesen augitischen Species, welche bis auf die letzten beiden Silicate der Formel $RO \cdot SiO_2$ darstellen, wobei die Basen Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul, Manganoxydul, selten Zinkoxyd in verschiedenen Verhältnissen vertreten sind und an die Carbonate $RO \cdot CO_2$ in der Verbindungsweise erinnern, dagegen

ganz andere Gestaltsverhältnisse zeigen, stehen die der Amphibolgruppe gegenüber, welche auch vorwaltend der Formel $RO \cdot SiO_2$ entsprechen, dagegen anders krystallisiren.

5. Amphibol (Hornblende) und Grammatit (Tremolit). Diese beiden Species, wenn man sie getrennt auffassen will, oder die man auch als zusammengehörig betrachten kann, verhalten sich wie der Augit und Diopsid in der Augitgruppe, nur in dem Sinne umgekehrt, dass die besser ausgebildeten und zum Theil flächenreiche Combinationen darstellenden Krystalle bei den eisenreicheren dunklen Varietäten, die weniger gut ausgebildeten und flächenarmen Krystalle bei den eisenarmen hellen Varietäten angetroffen werden. In der Zusammensetzung sind Amphibol und Grammatit ebenso wie Augit und Diopsid neutrale Silicate der Formel $RO \cdot SiO_2$, die wesentlichen Basen Magnesia und Kalkerde mit mehr oder minder stellvertretendem Eisenoxydul, wozu auch bisweilen etwas Manganoxydul, häufig Thonerde oder etwas Eisenoxyd, sowie geringe Mengen von Natron und Kali treten. Dagegen scheint auch die Menge der Magnesia gegenüber der Kalkerde im Allgemeinen ein eigenes bestimmtes Verhältniss zu haben, insofern die Magnesia vorherrscht und in den eisenarmen Varietäten auf 3 Molecule Magnesia-Silicat $MgO \cdot SiO_2$ ein Molecul Kalkerde-Silicat enthalten ist, die Formel $3(MgO \cdot SiO_2) + CaO \cdot SiO_2$ ohne Rücksicht auf das stellvertretende Eisenoxydul 28,8 % Magnesia, 13,5 % Kalkerde und 57,7 % Kieselsäure erfordert, wie man aus den Analysen des hellgrünen, weissen oder grauen Grammatit entnehmen kann. Das Eisenoxydul, dessen Menge allmählich zunimmt, ist als Stellvertreter der Magnesia aufzufassen und demnach die Formel $3(Mg, FeO \cdot SiO_2) + CaO \cdot SiO_2$ aufzustellen, welche, wenn man entsprechend der mittleren Zusammensetzung der Amphibole 1 FeO neben 2 MgO in Rechnung bringt, auf 17,86 % Magnesia 16,07 % Eisenoxydul, 12,50 % Kalkerde und 53,57 % Kieselsäure erfordert. Hieraus ersieht man im Vergleich mit den oben angegebenen Procenten (s. pag. 258) den wesentlichen Unterschied in der Zusammensetzung des Amphibol und Grammatit von Augit und Diopsid. Die Anwesenheit der Thonerde und des eventuell diese z. Th. ersetzenden Eisenoxydes wird, wenn sie nicht von Beimengungen herrührt, in demselben Sinne erklärt, wie oben (s. pag. 258) angegeben wurde.

Im Zusammenhange mit diesem Verhältnisse der Magnesia und Kalkerde scheint die Verschiedenheit der Krystallisation zu stehen, wodurch sich die Amphibole von den Augiten unterscheiden, indem nämlich die gleichfalls klinorhombischen Krystalle des Amphibol und Grammatit ein anderes Prisma ∞P zeigen, parallel dessen Flächen sie vollkommen spaltbar sind, während die Spaltbarkeit parallel den Quer- und Längsflächen sehr unvollkommen ist. Die Krystalle sind meist eingewachsen, auch aufgewachsen, kurz- bis langprismatisch bis nadelförmig und haarförmig (Byssolith). Der klinodiagonale Kantenwinkel des Prisma ∞P ist, wie es bei so mannigfacher Ausbildung verbunden mit der wechselnden Zusammensetzung und dem verschiedenen Vorkommen ersichtlich ist, etwas schwankend und über 124°, gewöhnlich = 124° 30′ aufgefasst und häufig sind die Längsflächen als gerade Abstumpfung der orthodiagonalen Kanten damit verbunden, seltener die Querflächen. Die einfachste Begrenzung an den Enden ist die durch die Basisflächen oP (s. Fig. 3), welche gegen die klinodiagonalen Prismenkanten unter 104° 50′ und 75° 10′ geneigt sind. An den mehr kurzprismatischen eingewachsenen Krystallen des sogen. gemeinen oder basaltischen (nach dem Vorkommen) Amphibol ist gewöhnlich an den Enden noch die hintere

Hemipyramide P' mit dem Endkantenwinkel = 148° 30' vorhanden, wodurch die durch das Prisma und die Längsflächen sechsseitig prismatischen Krystalle eine an hexagonale rhomhoedrische Krystalle erinnernde dreiflächige stumpfe Zuspitzung zeigen, wie die Projectionsfigur (s. Fig. 4) zeigt. Indessen ist die Differenz der Winkel des sechsseitigen Prisma (∞P · ∞P$\breve{\infty}$) gross genug, um sofort die zwei gegenüberliegenden Winkel 124° 30' von den vier Combinationskantenwinkeln (117° 45') zu unterscheiden, während die Combinationskanten oP/P' 145° 35' messen. Zu dieser Combination treten auch noch andere Gestalten, wie die hintere Hemipyramide 3P'$\breve{3}$, die vordere 3P$\breve{3}$, P und das Längsdoma 2P$\breve{\infty}$.

(Min. 243 – 244.)

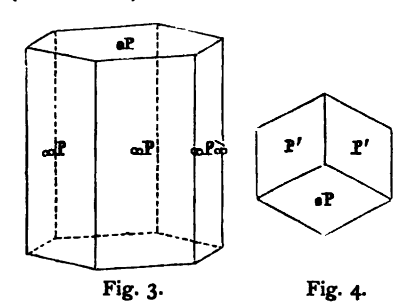


Fig. 3. Fig. 4.

Häufig sind Contactzwillinge nach den Querflächen, welche bei der Combination ∞P.∞P$\breve{\infty}$.oP.P' an den beiden Enden scheinbar orthorhombisch sind, an dem einen Ende wie durch eine stumpfe orthorhombische Pyramide begrenzt, an dem anderen wie durch ein Querdoma mit dem Endkantenwinkel 150° 20'.

In verschiedenen Gesteinen, wie Marmor, Dolomit, Talkschiefer, Chloritschiefer u. a. eingewachsene langprismatische Krystalle zeigen gewöhnlich nur die vertikalen Flächen ausgebildet, des Prisma ∞P, oder dieses mit den Längs-, auch noch mit den Querflächen und werden Strahlstein genannt. Ausser krystallisirt erscheint der Amphibol als Gemengtheil von verschiedenen Gesteinsarten, ähnlich dem Augit, wobei ihn besonders die vollkommenen Spaltungsflächen auszeichnen, oft auch derb, krystallinisch körnig-blättrig, stenglig bis fasrig (Amphibolasbest) abgesondert und bildet selbst Gesteinsarten, den Amphibolit (Amphibolfels bei massiger, Amphibolschiefer bei schiefriger Bildung) und Nephrit, welcher letztere scheinbar dicht ist, unter dem Mikroskop aber entschieden kryptokrystallinisch erscheint, gebildet durch sehr feine lineare Individuen, welche mehr oder weniger in gleicher Richtung fest verwachsen das Gestein als unvollkommen schiefrig erweisen.

Amphibol und Grammatit verhalten sich in der Farbe wie Augit und Diopsid, sie sind vorwaltend grün, wechselnd durch den Gehalt an Eisenoxydul, einerseits bis schwärzlichgrün und schwarz, andererseits bis grünlichweiss und weiss oder fast farblos, auch braun, gelb, grau, der Glanz auf den Krystallflächen ist glasartig, auf den Spaitungsflächen in Perlmutterglanz geneigt, der fasrige ist bis seidenartig glänzend; die Pellucidität wechselt von undurchsichtigen bis durchsichtigen; die H. ist = 5,0—6,0, das spec. Gew. = 2,8—3,3. V. d. L. schmelzen die verschiedenen Vorkommnisse mehr oder weniger leicht, z. Th. unter Aufwallen zu weissem oder grauem, oder durch Eisen gelb, grün, braun bis schwarz gefärbtem Glase, bei zunehmendem Eisengehalte leichter; auch in Salzsäure ist die Löslichkeit verschieden, indem die Amphibole zunächst verglichen mit den Augiten weniger angegriffen werden, die eisenreicheren mehr als die anderen.

Bei dem überaus reichen Vorkommen sind als Fundorte schöner und deutliche Krystalle des Amphibol der Wolfsberg bei Czernossin, der Klotzberg und Muckow im böhmischen Mittelgebirge, Gleichenberg in Steiermark, Pargas (daher Pargasit genannt) in Finnland, Arendal in Norwegen, Bogoslowsk, Poläkowsk und Auschkul im Ural beispielsweise anzuführen. Der Nephrit (Beilstein, Punamustein, Jade), welcher besonders verarbeitet schon in den prähistorischen

Zeiten eine Rolle spielt, stammt aus dem Orient, China, Tibet, Turkestan, Neuseeland u. s. w. und es ist in Betreff dessen auf das klassische Werk von H. FISCHER: Nephrit und Jadeit nach ihren mineralogischen Eigenschaften, sowie nach ihrer urgeschichtlichen und ethnographischen Bedeutung, Stuttgart 1875, zu verweisen.

Verglichen mit der Augitgruppe, welche die oben angeführten Species Hypersthen, Enstatit, Rhodonit, Wollastonit u. s. w. enthält, sind als neutrale Silicate $RO \cdot SiO_2$ ausser Amphibol und Grammatit nur noch wenige zu erwähnen, die dazu noch seltene Arten sind. Hierher gehören:

Der Anthophyllit von Kjernerud bei Kongsberg und von Modum in Norwegen, von Fiskenäs in Grönland und von Bodenmais in Bayern, dessen strahlige, stenglige bis fasrige Individuen zu Aggregaten verwachsen derbe, krystallinische Massen bilden und bisweilen wie Grammatit das Amphibolprisma ∞P mit den Quer- und Längsflächen erkennen lassen, jedoch analog dem Hypersthen und Enstatit als orthorhombisch durch optische Bestimmung sich erwiesen, vollkommen parallel den Querflächen, deutlich parallel den Prismaflächen, unvollkommen parallel den Längsflächen spaltbar sind. Er ist graulichbraun, nelkenbraun, gelblichgrau, gelblichgrün bis lauchgrün, schwach bis a. d. K. durchscheinend, hat perlmutterartigen Glasglanz, H. = 5,5 und spec. Gew. 3,15—3,25. Er ist ein Silicat $RO \cdot SiO_2$, welches wesentlich Magnesia und Eisenoxydul in wechselnden Mengen enthält, wobei die Magnesia vorherrscht und selbst analog dem Enstatit, wie bei dem grünen Kupfferit genannten Vorkommen aus dem Ilmengebirge so in den Vordergrund tritt, dass man entsprechend dem Hypersthen und Enstatit zwei Arten $MgFeO \cdot SiO_2$ und $MgO \cdot SiO_2$ unterscheiden könnte. Er ist v. d. L. schwer schmelzbar und in Säuren unlöslich.

Da auch bei Kongsberg und in Grönland Anthophyllit vorkommt, welcher nach DES CLOIZEAUX's optischer Bestimmung klinorhombisch ist, so ist noch zu erwähnen, dass an den Mores-Bergen bei Collobrières im Var-Departement in Frankreich ein braunes, seidenglänzendes, asbestartiges, fasriges bis strahliges Mineral vorkommt, welches den optischen Charakter des Amphibol zeigt und fast reines Eisenoxydulsilicat $FeO \cdot SiO_2$ ist. Es wurde Grunerit genannt und hat das spec. Gew. = 3,713. Nahe verwandt, wenn nicht dazu gehörig ist der gelblichbraune bis grünlichgraue, fasrige bis strahlige Dannemorit aus den Eisengruben von Dannemora in Schweden und der fasrige, graulichweisse bis aschgraue Asbeferrit von Brunjoë in Schweden, welche beiden neben dem Eisenoxydul etwas Manganoxydul enthalten. Ein dem Rhodonit analoges Manganoxydulsilicat scheint der fasrige grünlichgraue Hermannit von Cummington in Massachusetts (auch Cummingtonit genannt) zu sein.

Allen diesen Silicaten $RO \cdot SiO_2$ mit augitischem oder amphibolischem Formentypus lassen sich einige seltene Species anreihen, welche in gestaltlicher Beziehung augitisch oder amphibolisch sind, in der Zusammensetzung aber neutrale Doppelsilicate mit gleichem Atom- und Sauerstoffverhältniss wie jene. Diese sind der klinorhombische, mit Augit isomorphe Akmit incl. Aegyrin $Na_2Fe_2O_4 \cdot Si_4O_8$ und der klinorhombische mit Augit isomorphe Spodumen[1]) $Li_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8$ einerseits, der mit Amphibol isomorphe Arfvedsonit, wesentlich

[1]) Anmerkung. Das gross- und grobkörnige Petalit genannte Mineral von der Insel Utoë bei Schweden, von York in Canada und Bolton in Massachusetts, welches auch auf Elba krystallisirt (Kastor genannt) gefunden wurde, in der Gestalt Aehnlichkeit mit Spodumen, aber nicht in den Spaltungsflächen zeigt, ist ein zweifachsaures Silicat derselben Basen, entsprechend der Formel $Li_2Al_2O_4 \cdot Si_8O_{16}$ und kann desshalb nicht in die Augitgruppe gestellt werden.

$Na_2Fe_2O_4 \cdot Si_4O_8$ mit etwas stellvertretendem $FeO \cdot SiO_2$ und der mit Amphibol isomorphe Glaukophan, wesentlich $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8$ mit etwas stellvertretendem $MgO \cdot SiO_2$. Auch dem oben erwähnten Nephrit, welcher als mikrokrystallinischer Grammatit $3(MgO \cdot SiO_2) + CaO \cdot SiO_2$ aufgefasst werden kann, steht ein in gleicher Weise seit alten Zeiten gebrauchtes Mineral von besonders prähistorischem Interesse zur Seite, der Jadeit, welcher wesentlich $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8$ mit etwas stellvertretendem $RO \cdot SiO_2$ ist, im Allgemeinen mit Nephrit als kryptokrystallinisches Gestein übereinstimmt, auch aus dem Orient, namentlich aus China stammt, nach Krenner jedoch auf augitische Krystallisation schliessen lässt.

II. Die Olivingruppe.

Die Minerale dieser Gruppe sind zunächst als Silicate der Basen RO, verglichen mit den vorangehenden der Augit- und Amphibolgruppe basische Silicate $2RO \cdot SiO_2$ und krystallisiren orthorhombisch. Das wichtigste Mineral dieser Gruppe ist

6. Der Olivin, z. Th. Chrysolith genannt (die als Edelstein benützte Varietät). Er krystallisirt orthorhombisch und bildet eingewachsene oder lose sich findende prismatische bis (durch die Querflächen) dicktafelige Krystalle. In den einfacheren Combinationen bemerkt man ausser den Quer-, Längs- und Basisflächen das Prisma ∞P, dessen brachydiagonale Kanten $= 130^\circ 2'$ sind, das Querdoma $P\bar{\infty}$, dessen Endkantenwinkel $= 76^\circ 54'$ ist, das Längsdoma $2P\breve{\infty}$ ($80^\circ 53'$) und $P\breve{\infty}$ ($119^\circ 12'$) und die als Grundgestalt gewählte Pyramide P, deren Endkantenwinkel $85^\circ 16'$ und $139^\circ 54'$, die Seitenkanten $= 108^\circ 30'$ sind. Auch kommen noch andere Prismen, Pyramiden und Domen vor. Er ist deutlich spaltbar parallel den Längsflächen, undeutlich parallel den Querflächen und hat muscheligen Bruch. Ausser krystallisirt bildet er Körner und körnige Aggregate und tritt selbst als Gesteinsart auf, den Olivinfels, selbst Olivinschiefer bildend. Gewöhnlich ist er grün, oliven-, spargel-, pistaciengrün, auch gelb oder braun, selten roth, selbst farblos (Forsterit), grünlich- oder bläulichgrau (der sogen. Boltonit), durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend, hat H. = 6,0 bis 7,0 und spec. Gew. = 3,2—3,5.

Er ist wesentlich Magnesia-Silicat $2MgO \cdot SiO_2$ (mit 57,14% Magnesia und 42,86% Kieselsäure) stets etwas Eisenoxydul als Stellvertreter der Magnesia enthaltend, dessen Menge in der Forsterit genannten krystallisirten Varietät vom Vesuv und in der, eingewachsene Körner und körnige Aggregate in Marmor bildenden Varietät von Bolton (daher Boltonit genannt) in Massachusetts, sehr gering ist und allmählich zunehmend, die vorherrschende grüne Farbe bedingt. Er ist v. d. L. unschmelzbar und in Salz- oder Schwefelsäure löslich, wobei die Kieselsäure als gelatinöse oder pulverige ausgeschieden wird. Selten enthält er etwas Titansäure.

Der Olivin findet sich sehr häufig, besonders in basaltischen und doleritischen Gesteinen, in Eklogit, Gabbro, Aphanitporphyr, Dolomit, Marmor, Talkschiefer u. a., lose im aufgeschwemmten Lande, wie im Orient, in Aegypten und Brasilien (der sogen. Chrysolith, welcher als Edelstein benützt wird), in Meteoreisen und in Meteorsteinen (s. Bd. II., pag. 463), von denen der von Chassigny bei Langres in der Champagne in Frankreich (Chassignit genannt) fast ganz aus Olivin besteht.

Der Olivin erleidet mehr oder weniger leicht Veränderungen ähnlich dem Enstatit und Augit, indem durch Aufnahme von Wasser und Abgang von Magnesia wasserhaltige Magnesiasilicate hervorgingen, wie der Villarsit von Traver-

sella in Piemont, der Pikrosmin von Pressnitz in Böhmen, der Serpentin, dessen Pseudokrystalle nach Olivin, wie die ausgezeichneten von Snarum in Norwegen sogar für Krystalle des Serpentin gehalten wurden u. a. m. Von diesen Umwandlungsprodukten ist ganz besonders hier der Serpentin zu erwähnen, welcher im engen Zusammenhange mit dem Olivin steht. Die schon erwähnten Pseudokrystalle von Snarum, welche besonders durch ihre Grösse gegenüber den gewöhnlichen Vorkommnissen der Olivinkrystalle auffielen, bis die sehr grossen Olivinkrystalle von Coupet bei Largeac im Dep. der Haute-Loire in Frankreich bekannt wurden, lieferten den Beweis der Umwandlung in Serpentin, während das massenhafte Vorkommen des Serpentins als Gesteinsart weniger die Verwandtschaft mit Olivin hervortreten liess. Seitdem sich aber der Olivin auch als Gesteinsart fand und in manchen Serpentinmassen die Entstehung aus Olivin nachgewiesen wurde, ist man geneigt, für den meisten Serpentin den Olivin zu Grunde zu legen, wogegen auch Serpentin durch Umwandelung anderer Magnesiasilicate, wie Enstatit u. a. entsteht.

Der Serpentin, besonders als mächtig entwickelte Gesteinsart vorkommend, ist meist dicht, bisweilen auch undeutlich blätterig und körnig, aber wahrscheinlich nur in Folge der Umwandlung anderer krystallinischer Minerale, hat als dichter splitterigen, muscheligen, ebenen bis unebenen Bruch, ist meist grün, hell bis dunkel, einerseits bis fast weiss, andererseits bis grünlich-schwarz, auch grünlichgelb, grünlichgrau, röthlichbraun bis braun gefärbt, einfarbig oder bunt (gefleckt, gestreift, geadert), wachsartig schimmernd bis matt, kantendurchscheinend bis undurchsichtig, milde, hat weissen oder grauen Strich, H. = 3,0 bis 4,0 und spec. Gew. = 2,5—2,7. Er ist als wasserhaltiges Magnesiasilicat nach der Formel $2H_2O \cdot MgO + 2(MgO \cdot SiO_2)$ zusammengesetzt mit 43,5 § Magnesia, 43,5 Kieselsäure und 13,0 Wasser, worin Eisenoxydul als in Menge wechselnder Stellvertreter für Magnesia vorkommt, besonders den Wechsel der Farben bedingend. V. d. L. brennt er sich weiss und ist unschmelzbar oder schmilzt bei zunehmendem Eisengehalte schwierig an den schärfsten Kanten. Das Pulver ist in Salzsäure und in Schwefelsäure auflöslich.

Wegen der Entstehungsweise aus der Umwandlung verschiedener Silicate, besonders des Olivin, wobei, zumal die Umwandlung nicht immer zum vollständigen Abschluss gelangt ist, noch unverändertes Material als Beimengung vorhanden ist, auch andere Beimengungen enthalten sind, stimmen die Analysen nicht immer vollkommen überein, weshalb sogar mehrere serpentinisirte Minerale noch als besondere Arten vom Serpentin getrennt werden, wie der Pikrolith, Williamsit, Bowenit, Retinalith, Antigorit, Schweizerit, Marmolith, Vorhauserit, Hydrophit, Jenkinsit u. a., die jedoch als wirkliche Species schwierig zu erweisen, meist als Varietäten zum Serpentin zu rechnen sind. Solche Serpentin gewordenen wasserhaltigen Magnesia-Silicate können auch selbst wieder Veränderungen erleiden, wodurch ihr Ursprung schwierig zu ermitteln ist, wie z. B. bei dem viel bekannten Meerschaum und dem ihm verwandten Aphrodit.

Da dem Serpentin als einem Umwandlungsprodukt des Olivin und anderer Silicate keine selbständige Krystallisation zukommt, ist schliesslich als eine wirklich krystallinische Varietät des Serpentin der Chrysotil als faseriger Serpentin anzuführen, welcher auch Asbest oder Amianth, im Gegensatze zu ähnlich aussehenden faserigen Vorkommnissen, besonders der Amphibolgruppe, Serpentinasbest genannt wird. Diese weisse bis grüne, seidenartig glänzende Varietät findet sich besonders in dichtem Serpentin als Ausfüllung von Klüften, Rissen und

Spalten, meist parallelfeinfaserig und verhält sich zum dichten Serpentin ähnlich wie die krystallinischen Ausfüllungen von Rissen, Spalten, Klüften u. s. w. des krystallinischen Calcit in Kalkstein, indem das den dichten Serpentin bildende Silicat aufgelöst wurde und in geeigneten Hohlräumen krystallinisch faserig sich absetzte. Die Fasern, welche mehr oder weniger leicht von einander trennbar, sehr kurze bis sehr lange sind, finden sich auch mit dichtem Serpentin innig verwoben oder bilden verworren faserige Massen in Klüften und Spalten, wie das sogen. Bergleder, Bergfleisch, Bergpapier, Bergkork, ähnlich dem Amphibolasbest. Die Asbeste, welche schon seit alter Zeit verwendet wurden, indem die feinen Fasern sich mit Flachs gemengt zu Geweben verarbeiten liessen, die sogen. unverbrennliche Leinwand lieferten, auch noch in neuester Zeit, wie z. B. die schönen und reinen canadischen Vorkommnisse vielfach zu Seilen, Pappdeckeln, Dochten u. a. m. gebraucht werden, unterscheiden sich von den Amphibolasbesten durch den Wassergehalt und das Verhalten v. d. L., indem sie unschmelzbar oder nur sehr schwer schmelzbar sind.

Nach dieser Abschweifung, welche durch die Umwandlung des Olivin in Serpentin veranlasst wurde, wieder zu den Mineralen der Olivingruppe zurückkehrend, ist zu bemerken, dass dem Olivin der sogen. Hyalosiderit anzureihen ist, welcher in mandelsteinartigem Basaltporphyr der Limburg bei Sasbach und des Winkelberges bei Ihringen am Kaiserstuhl im Breisgau röthlichbraune bis gelblichbraune eingewachsene Krystalle wie der Olivin bildet und um 30% Eisenoxydul enthält, also der Formel $2 Mg, FeO \cdot SiO_2$ entspricht, wobei beide Basen MgO und FeO als wesentliche Bestandtheile aufzufassen sind. Zu ihm gehört auch der Hortonolith von Monroe in Orange-County in New-York, der auch etwas Manganoxydul wie jener enthält. Wegen des viel höheren Eisengehaltes als bei dem Olivin ist auch das spec. Gew. höher, = 3,5—3,9. Sie schmelzen v. d. L. zu einer eisenschwarzen magnetischen Schlacke.

Wird endlich der Eisengehalt vorherrschend, so schliesst der Fayalit von der Azoren-Insel Fayal und vom Berge Slavcarrach, einem der Mourne-Berge in Irland als wesentlich $2 FeO \cdot SiO_2$ (mit 70,59% Eisenoxydul und 29,41 Kieselsäure) die Reihe

Olivin . . . . Hyalosiderit . . . . Fayalit

ab, in welcher der Olivin als wesentliches Magnesia-Silicat $2 MgO \cdot SiO_2$ mit mehr oder weniger stellvertretendem Eisenoxydul einen bis zu 23% ansteigenden Gehalt desselben zeigt, an ihn schliesst sich der Hyalosiderit, welcher im Mittel 42% Eisenoxydul enthaltend, bis zu 57% Eisenoxydulgehalt ansteigen würde. Zum Fayalit würden die Vorkommnisse mit noch höherem Gehalte an Eisenoxydul zu rechnen sein, die 10,6% Magnesia bis 0 enthielten. Zu ihm gehört daher auch das im Eulysit von Tunaberg in Schweden mit Augit und Granat vorkommende Silicat, welches nur 3% Magnesia enthält. Eventuell vorkommendes MnO neben FeO ist als Stellvertreter für FeO aufzufassen.

Der Fayalit, welcher substantiell der wie Olivin krystallisirenden Frisch-, Puddel- und Schweissofenschlacke entspricht, fand sich noch nicht krystallisirt, sondern nur derb und der irische, kleine Trümer in Granit bildend, z. Th. mit stenglig-blätteriger Absonderung, nach zwei rechtwinkeligen Richtungen spaltbar, parallel den Längs- und Querflächen, analog dem Olivin, ist grünlich- oder bräunlichschwarz, undurchsichtig, wachs- bis halbmetallisch glänzend, hat H. = 6,0—6,5 und spec. Gew. = 4,0—4,14 und schmilzt v. d. L. leicht und ruhig zu schwarzer, metallisch glänzender magnetischer Kugel. In Salzsäure ist er löslich, Kieselgallerte abscheidend.

Da sich der Fayalit von der Insel Fayal, Knollen und eckige Stücke bildend am Meeresstrande mit Trachyttrümmern in der Nähe hoher Trachytfelsen findet, hat man die Meinung geäussert, dass er vielleicht als Eisenschlacke importirt sein möchte, zumal er stellenweise wie geschmolzen und verschlackt erscheint.

Der Knebelit von Ilmenau in Thüringen, von Dannemora und aus Dalarne in Schweden ist ein analoges Silicat $2RO \cdot SiO_2$, welches wesentlich Eisen- und Manganoxydul enthält, derb krystallinisch-körnig ist und Kugeln mit blätteriger Absonderung bildet, unvollkommen nach dem Prisma ∞P von 131^0 und den Basisflächen spaltbar ist, grau bis graulichweiss oder graulichschwarz, auch ins Rothe, Braune und Grüne geneigt, wenig wachsartig glänzend bis matt, undurchsichtig bis kantendurchscheinend, hat spec. Gew. = 3,7—4,17 und ist v. d. L. unschmelzbar, in Salzsäure löslich, Kieselgallerte abscheidend. — Verwandt ist der deutlich krystallisirte, mit Olivin isomorphe dunkelgrüne bis schwarze Stirlingit von Stirling in Sussex County in New Jersey, welcher bei H. = 5,5—6,0 und spec. Gew. = 3,9—4,1 als Silicat $2RO \cdot SiO_2$ Manganoxydul, Zinkoxyd (gegen 11 %) und Magnesia neben dem vorherrschenden FeO enthält. Er ist v. d. L. zu schwarzer Schlacke schmelzbar, auf der Kohle Zinkbeschlag gebend und gelatinirt mit Säuren. — Der Tephroit endlich, welcher wesentlich als $2MnO \cdot SiO_2$ das Schlussglied der vom Fayalit an beginnenden Reihe darstellt, krystallisirt (wie bei Langban in Schweden) mit Olivin isomorph, kommt meist derb, individualisirte Massen bis körnige Aggregate bildend (wie bei Sparta, Franklin und Stirling in New Jersey) vor, in den Spaltungsflächen mit Olivin übereinstimmend. Er ist aschgrau (daher der Name von dem griechischen »*tephros*« aschfarbig), rauchgrau, grünlichgrau, röthlichgrau bis bräunlichroth, läuft braun bis schwarz an, ist kantendurchscheinend, hat Wachs- bis Glasglanz, z. Th. in Diamantglanz geneigt, H. = 5,5—6,0 und spec. Gew. = 3,9—4,1, schmilzt mehr oder weniger leicht zu schwarzer bis brauner Schlacke und ist in Salzsäure löslich, Kieselgallerte bildend. Ausser dem Manganoxydul enthalten Tephroite in geringen Mengen noch etwas FeO, auch Magnesia, deren Menge ansteigend selbst eine dem Hyalosiderit entsprechende Mittelspecies zwischen Olivin und Tephroit erfordert, weshalb S. R. PAIKULL einem solchen Vorkommen von Langban den Namen Pikrotephroit gab, auf den hohen Gehalt an Magnesia (Bittererde, von dem griechischen »*pikros*« bitter) hindeutend.

Bei der grossen Analogie in der Entwicklung verschiedener Species von der allgemeinen Formel $2RO \cdot SiO_2$ gegenüber der Augitgruppe ist auch noch der Monticellit zu erwähnen, welcher wesentlich $2CaO \cdot SiO_2 + 2MgO \cdot SiO_2$ darstellt, nebenbei etwas FeO enthaltend. Derselbe findet sich krystallisirt in körnigem Kalk des Monte Somma bei Neapel, in der Pasmedaschlucht am Monzoni in Tyrol, Körner bildend und derb (Batrachit) am Toal dei Rizzoni am Monzoni und lässt sich auch als isomorph mit Olivin auffassen, ist farblos, gelblich oder grünlichgrau bis grünlichweiss, glasglänzend bis wachsartig schimmernd, durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 3,0 bis 3,12. Er ist v. d. L. sehr schwer schmelzbar und in Salzsäure löslich, Kieselgallerte abscheidend.

Ein der Olivingruppe zugehöriges Kalkerde-Silicat ist bis jetzt nicht bekannt.

Anhangsweise ist ein eigenthümliches, Chondrodit und Humit genanntes Mineral zu erwähnen, welches formell nicht vollständig der Olivingruppe angehört, dagegen in der Zusammensetzung Verwandtschaft zeigt und krystallographisch sehr interessant ist. Die zuerst bekannt gewordenen Vorkommnisse,

krystallinische, rundliche oder eckige Körner (daher Chondrodit genannt von dem griechischen »*chondrodes*« graupenartig) bis körnige Aggregate bildend, in Marmor eingewachsen, wie z. B. zu Pargas in Finnland, Aker und Gullsjo in Schweden, in Sussex County in New Jersey und in Orange County in New York, wurden nach den selten deutlich ausgebildeten Krystallen für klinorhombisch gehalten und zeigten in dem Verhalten v. d. L. sowie gegen Säuren und in der Zusammensetzung Aehnlichkeit mit Olivin. Er ergab sich wesentlich als ein basisches Magnesia-Silicat mit einem gewissen schwankenden Fluorgehalte. Später wurde am Monte Somma am Vesuv ein ähnliches Silicat, kleine orthorhombische Krystalle bildend gefunden und Humit genannt. Die in alten vulkanischen Auswürflingen vorkommenden Krystalle, klein, aber sehr flächenreich, liessen als orthorhombische nach A. SCACCHI drei verschiedene Typen unterscheiden, für welche verschiedene aber verwandte Grundgestalten aufgestellt wurden und spätere Untersuchungen der Krystalle von Pargas in Finnland, Nyakopparberg in Schweden und von der Tilly-Forster-Eisengrube in Putnam-County in New York zeigten, dass sie als Chondrodite dem zweiten, z. Th. auch dem dritten Humittypus entsprechen. Ein weiteres Eingehen auf diese complicirten krystallographischen Verhältnisse ist hier nicht am Ort, nur noch zu bemerken, dass die eigenthümliche Ausbildung der Krystalle des zweiten und dritten Typus sogar zu klinorhombischer Krystallisation führte, weshalb DES CLOIZEAUZ vorschlug, die drei Typen als Humit, Chondrodit und Klinohumit zu unterscheiden. Immerhin scheinen sie in einem engen Zusammenhange zu stehen.

Das so krystallographisch einzig in seiner Art dastehende Mineral ist gelb (wein-, honig-, orangegelb) bis hyazinthroth, gelblich, röthlich- bis schwärzlichbraun, öl-, spargel- bis olivengrün, glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 6,0—6,5 und spec. Gew. = 3,0—3,23, ist v. d. L. kaum schmelzbar, löslich in Salzsäure, z. Th. Kieselgallerte abscheidend und wird von Schwefelsäure zersetzt unter Entwickelung von Fluorsilicium. Die Zusammensetzung ist bis jetzt noch nicht genau bestimmt, was namentlich in der Schwierigkeit, den Fluorgehalt genau zu ermitteln liegt, der nicht mit den verschiedenen Typen im Einklang zu stehen scheint. Jedenfalls aber liegt ein basisches Magnesiasilicat mit etwas Eisenoxydul vor, welches fluorhaltig ist. So ergab z. B. die Analyse BREIDENBAUGH's (welche als die beste zu betrachten ist) für den ausgezeichneten granatrothen Chondrodit von der Tilly-Forster-Eisengrube $5(2MgO \cdot SiO_2) + 2MgF_2$, wofür man nach C. RAMMELSBERG's Auffassung der Verbindungsweise $10(5MgO \cdot 2SiO_2) + 5MgF_2 \cdot 2SiF_4$ schreiben könnte. Analysen anderer Vorkommnisse führen zu anderen Verhältnissen der beiden in den Formeln angegebenen Hauptbestandtheile.

Der auch zu der Olivingruppe gestellte Lievrit, welcher besonders gut ausgebildete Krystalle bei Rio auf Elba (Ilvait) und Campiglia in Toscana bildet, auch derb vorkommt, stenglige bis fasrige oder selten körnige Aggregate bildend, wie bei Kupferberg in Schlesien, Herborn u. a. O. in Nassau und bei Zschorlau in Sachsen. Er krystallisirt orthorhombisch, vorwaltend prismatisch ausgebildet durch das Prisma ∞P (112° 38′), z. Th. in Combination mit $\infty P\breve{2}$ (73° 45′), auch mit den Längs- und Querflächen, begrenzt durch die Pyramide P, deren Endkanten = 139° 31′ und 117° 27′ sind, während die Combinationskanten mit ∞P = 128° 36′ sind. Meist sind die stumpfen Endkanten der Pyramide P gerade abgestumpft durch das Querdoma $P\bar{\infty}$ (112° 49′) bis zum Vorherrschen desselben; selten sind noch andere Gestalten in den Combinationen

sichtbar. Die Spaltungsflächen nach verschiedenen Richtungen sind unvollkommen, der Bruch muschlig bis uneben. Der Lievrit ist bräunlich- oder grünlichschwarz, undurchsichtig, hat Wachs- bis halbmetallischen Glanz, schwarzen Strich, H. = 5,5 bis 6,0 und spec. Gew. = 3,8—4,1. Er ist v. d. L. leicht zu schwarzer magnetischer Kugel schmelzbar, zeigt mit Phosphorsalz Eisenreaction und ein Kieselskelett und ist in Salzsäure leicht löslich, Kieselgallerte abscheidend. Das mehrfach analysirte Mineral, wie besonders der von Elba liess wesentlich $4FeO$ (mit wenig MnO), $2CaO$, $1Fe_2O_3$ und $4SiO_2$ finden, während auch noch ein geringer wechselnder Wassergehalt, bis auf $1H_2O$ gegenüber jenen Mengen ansteigend gefunden wurde. Da noch nicht sichergestellt ist, ob er ein ursprünglicher und wesentlicher Bestandtheil des Minerals ist, könnte man im Hinblick auf die durch Wasseraufnahme bei Augiten und Olivin entstehenden Veränderungen den Lievrit für ein ursprünglich basisches Silicat $3(2FeO \cdot SiO_2) + 2CaO \cdot SiO_2$ halten, welches durch Aufnahme von etwas Wasser und Umänderung eines Theiles des Eisenoxyduls in Eisenoxyd jetzt die angegebenen Bestandtheile enthält.

III. Die Disthengruppe.

Diese enthält bis jetzt zwei Species gleicher Zusammensetzung, von denen 7. der Disthen die wichtigste ist. Das nicht selten vorkommende Mineral, welches anorthisch krystallisirt, besonders schöne in Paragonitschiefer am Monte Campione bei Faido im Canton Tessin in der Schweiz eingewachsene Krystalle bildet. Die Krystalle sind langgestreckte, breit rhomboidisch prismatische, an denen die breiten Flächen als Querflächen, die schmalen als Längsflächen aufgefasst werden und sich unter 106° 16′ und 73° 44′ schneiden. An den Enden sind sie äusserst selten ausgebildet. Häufig sind die Combinationskanten der Quer- und Längsflächen schief abgestumpft, die scharfen durch das Hemiprisma $l\infty P$, die stumpfen durch das Hemiprisma $r\infty P$ und sehr oft finden sich Contactzwillinge nach der Querfläche mit parallelen Hauptachsen, welche sich sofort durch herablaufende rinnenartig einspringende Winkel erkennen lassen; sehr selten sind Kreuzzwillinge, bei denen sich die Hauptachsen nahezu unter 60° schneiden und noch andere. Die seltene Basisfläche bildet mit den Querflächen den CKwinkel = 79° 10′, mit den Längsflächen = 86° 45′. Im Allgemeinen sind die Winkelangaben etwas verschieden, weil die Flächen selten vollkommen ebene sind. Ausser deutlichen Krystallen, wie solche auch am Greiner im Zillerthale in Tyrol vorkommen, finden sich lange strahlige, z. Th. ziemlich grosse Individuen, Stengel bis Fasern, solche auch eingewachsen oder zu stengligen bis fasrigen Aggregaten verwachsen, gewöhnlich ohne bestimmte Anordnung, bisweilen mit radialer der Krystalloide. Er ist vollkommen spaltbar parallel den Quer- und Längsflächen, nach jenen vollkommener als nach diesen, ziemlich deutlich nach den Basisflächen, wogegen diese Spaltungsflächen von M. Bauer für Gleitflächen gehalten werden.

Der Disthen ist wesentlich farblos oder weiss, gewöhnlich aber gefärbt, namentlich oft sapphir- bis himmelblau (daher der Name Cyanit), auch grün (span- bis seladongrün), gelb, roth, braun oder grau, glasglänzend auf den Krystall-, in Perlmutterglanz geneigt auf den Spaltungsflächen, durchsichtig bis wenig durchscheinend, spröde, hat H. = 4,0—7,0 (daher der Name Disthen, weil die Härte »*sthenos*« verschieden, zweierlei »*dis*« ist) und das spec. Gew. ist = 3,5—3,7. Auf den breiten Querflächen ist der Länge nach beim Ritzen die H. = 4, der Quere nach merklich höher und auf den linken Hemiprismenflächen = 7. Als

Thonerde-Silicat $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ enthält er 63§ Thonerde und 37 Kieselsäure, nebenbei meist ein wenig Eisenoxyd, welches z. Th. als Stellvertreter für Al_2O_3, z. Th. als Folge von wenig beigemengtem Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat anzusehen ist, die rothen und gelben Farben bedingend. Er ist v. d. L. unschmelzbar, wird, besonders als Pulver mit Kobaltsolution befeuchtet und stark geglüht blau und ist in Säuren unlöslich.

Der wie Disthen zusammengesetzte seltene Sillimanit, auch eingewachsene langprismatische dünne Krystalle bildend, ohne ausgebildete Enden, desgleichen derb, als dünnstenglige bis fasrige Aggregate vorkommend, ist orthorhombisch, zeigt das Prisma ∞P (111°) mit $\infty \breve{P} \frac{3}{2}$ u. a. Flächen, die Flächen stark vertikal gestreift, ist vollkommen parallel den Querflächen spaltbar, braun, gelblichgrau bis farblos, durchscheinend bis durchsichtig und hat Wachs- bis Glasglanz, H. = 6,0—7,0 und spec. Gew. = 3,23—3,24 und verhält sich v. d. L. und in Säuren wie Disthen. Als Fundorte sind Saybrook und Norwich in Connecticut, Yorktown in New-York und Morven in Frankreich zu nennen, dagegen wurden auch stenglige, nadelige bis faserige eingewachsene oder verwachsene Vorkommnisse in Folge optischer Untersuchung meist als zu ihm gehörig befunden, die man zunächst mit den Namen Fibrolith, Bucholzit und Faserkiesel benannte, auch als eigene Specien auffasste, wie den Monrolith, Bamlit, Xenolith und Wörthit.

IV. Die Feldspathgruppe.

Feldspath wurden von Werner Vorkommnisse dieser überaus wichtigen Gruppe genannt, weil sie in Feldsteinen, auf den Feldern der norddeutschen Ebene lose sich findenden Rollsteinen als Gemengtheil enthalten, durch ihre Spaltbarkeit deutlich hervortraten und bald als verschiedene Arten unterschieden wurden. Die Feldspathe, welche ganz besonders als Gemengtheil verschiedener Silicatgesteine, wie Granit, Gneiss, Syenit, Diorit, Gabbro, Trachyt, Dolerit, Felsit-, Aphanit-, Lithoid-, Phonolith-, Pechsteinporphyr u. a. vorkommen, sind Doppelsilicate, welche sämmtlich Thonerde und neben dieser noch eine andere Basis R_2O oder RO oder solche zusammen enthalten. In ihrer Krystallisation eine gewisse Verwandtschaft zeigend sind sie durch zwei Spaltungsflächen charakterisirt, welche sich unter 90° oder einem wenig davon abweichenden Winkel schneiden. In ihrer Zusammensetzung vielfach wechselnd, je nachdem sie Thonerde mit Kali oder mit Natron oder mit Kalkerde wesentlich enthalten, daher als Kali-, Natron- oder Kalkfeldspath unterschieden, oder auch zwei Basen neben Thonerde enthalten, wie z. B. Natron und Kalkerde, haben sie sämmtlich ein in dem Sinne übereinstimmendes Verhältniss der Basen untereinander, dass sich der Sauerstoff der Basen R_2O und RO zum Sauerstoff der Thonerde verhält wie 1:3. Das Verhältniss dagegen des Sauerstoffes aller Basen zusammen zu dem Sauerstoff der Kieselsäure ist bei verschiedenen Arten verschieden. In der Krystallisation zeigen sie zwar manche Uebereinstimmung, krystallisiren jedoch verschieden, klinorhombisch oder anorthisch. Als Arten sind anzuführen:

8. Der Orthoklas oder Kalifeldspath. Derselbe zeichnet sich vor allen anderen durch sein verbreitetes Vorkommen und durch seinen Reichthum an deutlichen, zum Theil grossen Krystallen aus und krystallisirt klinorhombisch. Die Krystalle sind in Drusenräumen, auf Klüften, Spalten und Gängen aufgewachsene oder in Gesteinsarten eingewachsene, wie besonders in den porphyr-

artigen Graniten, in den Felsitporphyren, in Trachyten, Lithoidporphyren, Pechsteinporphyren u. a. m. Die einfachste Combination, nur an aufgewachsenen Krystallen vorkommend, wie im Maderaner- und Griesernthale im Canton Uri, im Kreuzli- oder Strimsthale bei Sedrun im Tavetsch, bei Guttannen im Berner Oberlande u. a. O. in der Schweiz ist die Combination des Prisma ∞ P mit der Basisfläche oP (Fig. 5) und die

(Min. 245—248.)

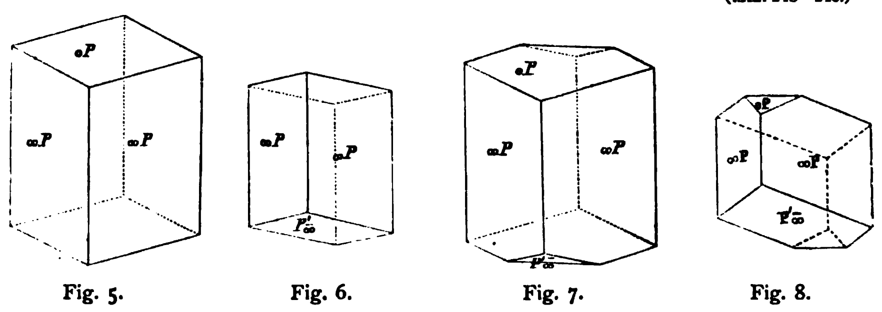


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

sehr ähnliche desselben Prisma ∞ P mit dem hinteren Querhemidoma P' ∞̄ (Fig. 6). Der klinodiagonale Kantenwinkel von ∞ P ist = 118° 47' und die Basisflächen bilden mit den klinodiagonalen Kantenlinien, auf dieselben gerade aufgesetzt die Winkel = 115° 58' und 64° 2', während die Flächen P' ∞̄ mit denselben Prismenkanten, auf diese gerade aufgesetzt die Winkel 65° 38' und 114° 22' bilden. Oder es sind die beiderlei Flächen oP und P' ∞̄ gleichzeitig mit ∞ P combinirt, die einen grösser als die anderen, wie dies die Figuren 7 und 8 zeigen oder im Gleichgewicht ausgebildet, Fig. 9, im letzteren Falle an eine orthorhombische Combination mit einem Querdoma erinnernd. Die Basisflächen bilden mit dem hinteren Querhemidoma P' ∞̄ den CKwinkel = 129° 40'. Sehr häufig, man

(Min. 249—252.)

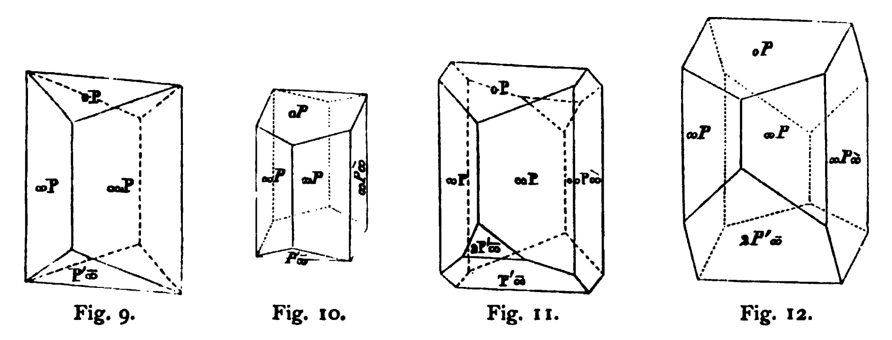


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

könnte von jenen einfachsten Combinationen abgesehen sagen, fast immer, sind die Längsflächen ∞ P∞̆ vorhanden, welche die scharfen (orthodiagonalen) Kanten des Prisma ∞ P gerade abstumpfen (wie z. B. Fig. 10 zeigt). Die Längsflächen sind mannigfach in der Ausdehnung bis vorherrschend tafelartige Krystalle bildend. Neben dem Prisma ∞ P findet sich sehr häufig das Prisma ∞ P3̆, Abstumpfungsflächen der Combinationskanten ∞ P / ∞ P ∞̆ bildend, andere Prismen sehr selten. Ausser den Basisflächen und dem hinteren Querhemidoma P' ∞̄ sind in der Querachsenzone noch andere Querhemidomen zu erwähnen, namentlich hintere, unter denen das Querhemidoma 2 P' ∞̄ besonders häufig vorkommt, oft mit P' ∞̄ zugleich (Fig. 11) oder ohne jenes (Fig. 12). Dieses Querhemidoma bildet mit den Basisflächen den CKwinkel = 99° 42'.

Noch ist als bemerkenswerth das Auftreten des Längsdoma $2P\breve{\infty}$ anzuführen, welches die Combinationskanten der Basis- und Längsflächen abstumpfend mit beiden CKwinkel $= 135^{\circ}$ bildet, so wie auch das Auftreten der hinteren Hemipyramide P'. Selten beobachtet man die Querflächen und noch einige andere Gestalten in den Combinationen.

Häufig sind, besonders bei den Combinationen $\infty P \cdot oP \cdot \infty P\breve{\infty} \cdot 2P'\bar{\infty}$ (wozu auch oft noch andere Flächen treten) die Krystalle nach der Längsachse langgestreckt, wodurch die rechtwinklig aufeinander stehenden Flächenpaare oP und $\infty P\breve{\infty}$ vorherrschend ausgebildet mehr oder minder langgestreckte rechtwinklig vierseitige (leistenförmige) Krystalle bilden.

Ausgezeichnet ist auch der Orthoklas durch seine Zwillingsbildung nach mehreren Gesetzen. Am häufigsten sind die Zwillinge, welche gewöhnlich in porphyrartigen Graniten und Felsitporphyren eingewachsene dicktafelartige Krystalle zeigen. Bei diesen, nach dem Fundorte Karlsbad in Böhmen, wo sie zuerst beobachtet wurden, als Karlsbader Zwillinge benannten ist die Zwillingsfläche die Querfläche, während die beiden Individuen mit der Längsfläche verwachsene Contactzwillinge, oder ineinander eindringend (Fig. 13), bis sich vollständig durchdringend Penetrationszwillinge bilden. Bei vollständiger Durchdringung fallen die Prismenflächen beider Individuen ineinander und an den Enden treten charakteristisch die sich in entgegengesetzter Lage durchschneidenden Basis- und Hemidomenflächen $2P'\bar{\infty}$ hervor. Nächstdem sind die basischen Zwillinge zu erwähnen, deren Zwillingsfläche die Basisfläche ist. Solche finden sich bei auf- und eingewachsenen Krystallen; bei aufgewachsenen in den einfachsten Combinationen $\infty P \cdot oP \cdot P'\bar{\infty}$, beispielsweise an verschiedenen Vorkommnissen des sogen. Adular in der Schweiz, bei eingewachsenen in der oben erwähnten nach der Längsachse angegebenen Streckung und mit vorherrschender Basisfläche beispielsweise bei Manebach in Thüringen, wonach sie R. Blum Manebacher Zwillinge nannte. Viel häufiger als diese sind die sogen. Bavenoer Zwillinge, benannt nach dem am längsten bekannten Vorkommen solcher Zwillinge in Granit von Baveno in Ober-Italien am Südende des Lago maggiore. Bei diesen Zwillingen, welche gewöhnlich durch nach der Längsachse ausgedehnte Individuen gebildet werden, die die Basis- und Längsflächen vorherrschend zeigen, ist die Zwillingsfläche eine Fläche des Längsdoma $2P\breve{\infty}$. Schöne und besonders durch Grösse und Schärfe der Ausbildung ausgezeichnete finden sich im Gebiete des St. Gotthard in der Schweiz. Nach demselben Gesetze entstehen auch Drillinge und Vierlinge und durch Vierlingsbildung basischer Zwillinge auch Achtlinge. Zwillinge nach anderen Gesetzen sind selten.

(Min. 253.)

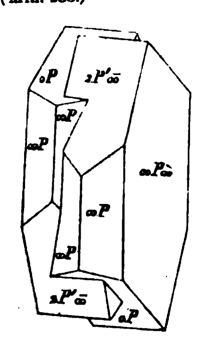


Fig. 13.

Der Orthoklas ist vollkommen spaltbar parallel den Basis- und Längsflächen, also rechtwinklig, wesshalb er Orthoklas (von dem griechischen »*orthos*« rechtwinklig und »*klaein*« spalten) genannt wurde, unvollkommen nach den Prismenflächen ∞P. Ausser den sehr häufigen auf- und eingewachsenen Krystallen bildet diese Species vornehmlich einen wesentlichen krystallinischen Gemengtheil weit verbreiteter Gesteinsarten, wie des Granit, Gneiss, Syenit, Trachyt u. a. bisweilen auch selbständig grössere derbe Massen mit krystallinischer gross- bis feinkörniger Absonderung. Er ist wesentlich weiss bis farblos, meist gefärbt wie besonders röthlichweiss bis fleisch- und blutroth, grünlichweiss bis

grün (der spangrüne Amazonenstein genannt), gelblichweiss bis gelb und braun, graulichweiss bis dunkelgrau, glasglänzend, auf den basischen Spaltungsflächen bis perlmutterglänzend, durchsichtig bis kantendurcheinend, zeigt (farbloser bis weisser halbdurchsichtiger) oft in bestimmten Richtungen einen blaulichen Lichtschein (der sogen. Mondstein, der desshalb als Schmuckstein gebraucht wird), durchscheinender röthlichgrauer bis gelblichrother Farbenwandelung (labradorischer Feldspath genannt), hat H. = 6,0 oder ist vielmehr das sechste Glied der MOHS'schen Härtescala und hat das spec. Gew. = 2,53—2,60. Nach der Formel $K_2Al_2O_4 \cdot Si_6O_{12}$ als wesentliches Kalithonerde-Silicat (daher Kalifeldspath genannt) enthält er 16,9§ Kali, 18,4 Thonerde und 64,7 Kieselsäure, häufig auch etwas bis selbst reichlich Natron als Stellvertreter von Kali oder in Folge Verwachsung mit Albit, sowie bisweilen geringe Mengen von Kalkerde, Magnesia und Eisenoxyd, von denen das letztere meist als mechanische Beimengung die rothe Färbung bedingt. Von Säuren wird er kaum angegriffen. V. d. L. schmilzt er schwierig zu einem trüben etwas blasigen Glase; mit Kobaltsolution befeuchtet und stark geglüht wird er an den geschmolzenen Stellen smalteblau; mit Borax schmilzt er langsam zu klarem Glase, desgleichen in Phosphorsalz, bei diesem ein Kieselskelett hinterlassend.

Als Varietäten unterscheidet man gewöhnlich den Adular, Sanidin und gemeinen Feldspath. Zum Adular rechnet man die in Drusenräumen, auf Kluftflächen und in Gängen in Granit, Gneiss, Diorit u. a. Gesteinen (wie sie häufig in den Alpen vorkommen) aufgewachsenen Krystalle, die sich bisweilen auch durch ihre Grösse auszeichnen, welche farblos bis weiss, durchsichtig bis durchscheinend und glasglänzend sind. Sanidin (von dem griechischen »*sanis*« Tafel), auch glasigen Feldspath nennt man die in jüngeren eruptiven Gesteinen, wie Trachyt, Phonolith, Pechstein u. a. und den zugehörigen Porphyren eingewachsenen, meist durch die Längsflächen tafelartigen Krystalle, welche farblos bis graulichweiss, durchsichtig bis durchscheinend und stark glasartig glänzend sind, dabei meist mit zahlreichen unregelmässigen Rissen und Sprüngen durchzogen erscheinen, welche als Folge der Abkühlung nach ihrem Entstehen anzusehen sind. Ausser den Krystallen zeigt sich auch der Sanidin mit ähnlichem Aussehen und oft tafelartig als Gemengtheil der trachytischen Gesteine. Man trennte sogar früher den Sanidin vom Orthoklas als eine eigene Art, da auch die Winkel der Krystalle einige Abweichungen zeigen, was jedoch mehr in der Entstehungsweise begründet erscheint, weniger, wie man früher annahm in dem Natrongehalt neben dem Kali, da auch die anderen Varietäten ihn zeigen. Als gemeinen Feldspath unterschied man den in älteren eruptiven Gesteinen als Gemengtheil vorkommenden Orthoklas, welcher ausserdem in ihnen eingewachsene und in Drusenräumen aufgewachsene Krystalle von zum Theil bedeutender Grösse liefert. Er ist ausser weiss besonders verschieden gefärbt, durchscheinend bis fast undurchsichtig und hat gewöhnlich geringen Glanz, der am stärksten auf den vollkommenen Spaltungsflächen erscheint.

Vom Orthoklas hat man den sogen. Mikroklin getrennt, welcher an vielen Orten in ähnlicher Weise wie der gemeiner Feldspath genannte Orthoklas vorkommt und diesem auch zugezählt wurde, sich aber durch genaue Messungen als anorthischer Kalifeldspath erweist. Freilich sind die Winkeldifferenzen geringe, die zwei vollkommenen Spaltungsflächen höchstens um 30′ vom Orthoklas abweichend, doch wurde auch eine verschieden deutliche Spaltbarkeit nach den Flächen des Prisma ∞P gefunden und die optischen Erscheinungen sind von denen des Orthoklas etwas verschieden.

9. Der Albit oder Natronfeldspath. Derselbe krystallisirt anorthisch, obgleich er wie Orthoklas zusammengesetzt ist, nur Natron an Stelle des bei jenem wesentlichen Kali enthaltend und entspricht der Formel $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_6O_{12}$ mit 11,8 % Natron, 19,5 Thonerde und 68,7 Kieselsäure. Die Krystalle finden sich meist als aufgewachsene in Drusenräumen und auf Klüften, selten als eingewachsene, wie in Dolomit in Savoyen. Sie haben eine gewisse Aehnlichkeit mit denen des Orthoklas, indem den bei diesem angegebenen Gestalten ∞P, oP, $\infty P\breve{\infty}$, $\infty P\overset{\frown}{3}$, $P'\bar{\infty}$, $2P'\bar{\infty}$, P' und $2P\breve{\infty}$ hier die Gestalten $l\infty P$, $r\infty P$, oP, $\infty P\breve{\infty}$, $l\infty P\underset{\smile}{3}$, $r\infty P\underset{\smile}{3}$, $P'\bar{\infty}$, $2P'\bar{\infty}$, lP', rP', $l2P\breve{\infty}$ und $r2P\breve{\infty}$ entsprechen, nur sind die Winkel etwas abweichende, wurden auch selbst wieder wie bei Orthoklas etwas abweichend gefunden. Dem Prisma ∞P des Orthoklas mit $118° 47'$ entsprechend bilden das linke und rechte Hemiprisma $l\infty P \cdot r\infty P$ nach A. DES CLOIZEAUX die brachydiagonalen Kanten $120° 47'$, während die Längsflächen $\infty P\breve{\infty}$ die makrodiagonalen Kanten abstumpfend mit $l\infty P$ den CKwinkel $= 119° 33'$, mit $r\infty P$ den CKwinkel $= 119° 40'$ bilden, bei Orthoklas die CKwinkel $\infty P | \infty P\breve{\infty}$ $120° 36\frac{1}{2}'$ betragen. Die Basisflächen oP, welche bei Orthoklas rechte Winkel mit den Längsflächen bilden, sind hier links unter $86° 24'$, rechts unter $93° 36'$ gegen die Längsflächen geneigt. Das hintere Querhemidoma $P'\bar{\infty}$ bildet mit den Basisflächen den CKwinkel $= 127' 43'$ (bei Orthoklas $129° 40'$), das hintere steilere Querhemidoma $2P'\bar{\infty}$ bildet mit den Basisflächen den CKwinkel $= 97° 54'$ (bei Orthoklas $99° 42'$), das bei Orthoklas rechtwinklige Längsdoma $2P\breve{\infty}$ entspricht hier dem Längsdoma (oder dem linken und rechten Längshemidoma $l2P\breve{\infty} \cdot r2P\breve{\infty}$) mit den Kanten $90° 4'$ und $89° 56'$.

Bei dieser Analogie der Krystalle des Albit und Orthoklas, welche sich auch auf das relative häufigere oder seltenere Auftreten der analogen Gestalten in den Combinationen erstreckt, ist es bemerkenswerth, dass einzelne Individuen bei Albit sehr selten vorkommen, wie z. B. in Pyrrhotin des Schneeberges in Passeyr in Tyrol eingewachsene, meist Zwillinge bis Viellinge. Die gewöhnlichsten Zwillinge, meist dicktafelig durch die Längsflächen und gewöhnlich mit den Gestalten $\infty P\breve{\infty} \cdot l\infty P \cdot r\infty P \cdot oP \cdot P'\bar{\infty}$ sind Contact-Zwillinge nach der Längsfläche und entsprechen als solche den einzelnen Individuen des Orthoklas, lassen sich aber sogleich dadurch erkennen, dass die beiden Basisflächen sowie die hinteren Querhemidomenflächen $P'\bar{\infty}$ der zwillingsartig verwachsenen Albitindividuen miteinander sehr stumpfe ein- und ausspringende Winkel bilden. Die Basisflächen bilden den Winkel $= 172° 48'$ und die Querhemidomenflächen den Winkel $= 172° 42'$. Diese Zwillinge sind insofern bemerkenswerth, als sie den Einzeln-Individuen des Orthoklas entsprechend in gewissem Sinne die Symmetrie des klinorhombischen Systems herstellen, welche bei den einzelnen Albitkrystallen nicht vorhanden ist. Diese scheinbare Annäherung an Orthoklas wird noch dadurch erhöht, dass auch Doppelzwillinge jener Bildung den Karlsbader-Zwillingen des Orthoklas entsprechend vorkommen. Gewöhnlich wiederholt sich die Zwillingsbildung nach den Längsflächen, es entstehen Drillinge bis an polysynthetische Krystalle erinnernde Viellinge, bei denen die einzelnen lamellaren, in beständigem Wechsel verwachsenen Individuen sehr dünne sind und die abwechselnd aus- und einspringenden Winkel der Basis- und Hemidomenflächen in ihrer Totalität eine Streifung dieser Flächen parallel den Combinationskanten mit den Längsflächen hervorrufen, welche als Zwillingsstreifung bezeichnet wird. Sehr selten sind andere Zwillinge, darunter auch dem Bavenoer Gesetze des Orthoklas analoge.

Ausser den tafelartigen Krystallen finden sich nach der Querachse stark

querausgedehnte Krystalle, wodurch die Varietät **Periklin** ausgezeichnet ist, welche sogar wegen dieser Form, verbunden mit Winkeldifferenzen als eigene Species unterschieden wurde. Die combinirten Gestalten sind gewöhnlich die Basisflächen, das Querhemidoma $P'\bar{\infty}$, wozu oft auch $\frac{1}{2}P'\bar{\infty}$ tritt, die Längsflächen und die Hemiprismen $l\infty P$ und $r\infty P$, welche letzteren gewöhnlich in Folge der Verkürzung nach der Hauptachse klein sind. Bei diesen Krystallen werden auch verschiedene Zwillingsbildungen beobachtet.

Der Albit, der nach dieser verschiedenen Ausdehnung der Krystalle zwei Varietäten bildet und als krystallisirter oft vorkommt, bildet auch derbe individualisirte Massen, körnige, schalige bis breitstrahlige Aggregate, tritt aber weniger in Gesteinsarten als Gemengtheil auf, wie in Dioriten und Graniten und ist in ziemlich gleicher Vollkommenheit spaltbar parallel den Basis- und Längsflächen, wobei die basischen Spaltungsflächen oft zwillingsgestreift sind. Andere Spaltungsflächen sind untergeordnet.

Er ist farblos bis weiss, (daher Albit, vom lateinischen »*albus*« weiss benannt), doch auch bis roth, gelb, grün oder braun gefärbt, glasglänzend, auf den basischen Spaltungsflächen bis perlmutterartig, durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 6,0—6,5 und spec. Gew. 2,59—2,66. Bei der oben angegebenen Zusammensetzung ist zu bemerken, dass oft, aber verhältnissmässig wenig Kali neben dem Natron als Stellvertreter vorkommt, desgleichen auch wenig Kalkerde als Folge der später anzuführenden Stellvertretung des Natronthonerde-Silicates durch ein Kalkthonerde-Silicat, während auch bisweilen geringe Mengen von MgO und FeO gefunden werden. V. d. L. schmilzt er wie Orthoklas schwierig zu einem mehr oder weniger trüben Glase, die Flamme aber durch das Natron stark gelb färbend und wird von Säuren nicht oder kaum angegriffen.

10. Der **Anorthit** oder **Kalkfeldspath**, isomorph mit Albit und in ähnlicher Weise vorkommend, zeigt im Allgemeinen kleinere Krystalle, die jedoch (namentlich die in den Auswürflingen des Monte Somma am Vesuv) einen grösseren Reichthum an Flächenpaaren zeigen, deren schon gegen 40 bekannt geworden sind. Die Krystalle erscheinen meist als kurzprismatische, auch in der Richtung der Querachse gestreckt oder tafelartig durch die Basisflächen. Es finden sich bei ihm dieselben Partialgestalten wie die bei Albit angegebenen und noch zahlreiche andere, während die Winkel wenig von denen des Albit abweichen. So bilden nach MARIGNAC die Prismenflächen $l\infty P$ und $r\infty P$ den brachydiagonalen Kantenwinkel $= 120°\,30'$, die Längsflächen $\infty P\breve{\infty}$ mit $l\infty P$ die Combinationskanten $= 117°\,33'$, mit $r\infty P = 121°\,56'$ bilden. Die Basisflächen $0P$ sind gegen die linke Längsfläche unter $85°\,50'$, gegen die rechte unter $94°\,10'$ geneigt, das hintere Querhemidoma $P'\bar{\infty}$ ist gegen die Basisfläche unter $128°\,34'$ und das hintere Querhemidoma $2P'\bar{\infty}$ gegen die Basisfläche unter $98°\,46'$ geneigt. Besonders reichlich sind Querhemidomen und Tetartopyramiden vorhanden. Auch Zwillinge sind häufig, am häufigsten die nach den Längsflächen und auch hier mit Wiederholung, wenn auch nicht mit so zahlreich verwachsenen lamellaren Individuen wie bei dem Albit. Ausser auf- und eingewachsenen Krystallen erscheint der Anorthit als Gemengtheil in Gesteinsarten, wie im Corsit, Eukrit, Gabbro u. a. krystallinische Körner bis körnige Aggregate bildend. Er ist vollkommen spaltbar parallel den Basis- und Längsflächen, farblos bis weiss, selten gefärbt, glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 6,0 und spec. Gew. = 2,67—2,76. Als Kalkfeldspath ist er nach der Formel $CaAl_2O_4 \cdot Si_2O_4$ zusammengesetzt mit 20,1 % Kalkerde, 36,7 Thonerde und 43,2 Kieselsäure, enthält

auch oft etwas Natron oder Kali und Magnesia, ist v. d. L. ziemlich schwer schmelzbar und wird von Salzsäure vollständig zersetzt.

11. Oligoklas, Andesin und Labradorit. Ausser verschiedenen Vorkommnissen von Feldspathen, welche wie der Peristerit, Olafit, Hyposklerit und Zygadit dem Albit, wie der Amphodelit, Latrobit, Lepolith, Thjorsauit, Bytownit, Lindsayit, Biotin, Rosellan, Polyargit, Esmarkit und Cyklopit dem Anorthit angereiht werden können, von denen einzelne zum Theil durch beginnende Zersetzung, zum Theil durch Beimengungen abweichende Zusammensetzung zeigen, wurden noch andere Vorkommnisse als eigene Arten unterschieden. Bei ihrem Vorkommen als krystallinische Gemengtheile in älteren und jüngeren eruptiven Silicatgesteinen und durch ihre im Allgemeinen übereinstimmenden oder ähnlichen Gestaltsverhältnisse der ein- und aufgewachsenen Krystalle zeigten sie grosse Wechsel in der Zusammensetzung. Als Silicate, welche ausser Kieselsäure und Thonerde besonders Natron und Kalkerde enthalten, bilden sie Kalknatron- oder Natronkalkfeldspathe und liessen sich schwierig als Species genau begrenzen, wenn auch neben anderen besonders der Oligoklas, Andesin und Labradorit unterschieden wurden, bis G. TSCHERMAK (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Band 50, pag. 566) diese wechselnden Verhältnisse aufklärte. Nach seiner Theorie, welche vielseitige Untersuchungen und Besprechungen veranlasste, sind diese vielfachen und namentlich in chemischer Beziehung wechselnden Vorkommnisse, welche in den Gestalten und Spaltungsflächen sich dem Albit und Anorthit verwandt zeigten, eine Reihe isomorpher Mischungen des isomorphen Albit und Anorthit. Diese beiden in der Zusammensetzung so auffallend verschiedenen Feldspathe, der Albit als Natronfeldspath $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_6O_{12}$ und der Anorthit als Kalkfeldspath $CaAl_2O_4 \cdot Si_2O_4$ zeigen dem Isomorphismus entsprechend ein gleiches Verhältniss der Metall- und Sauerstoffatome 10:16 und 5:8 und er nahm an, dass in diesen verschiedenen Feldspathen, welche eine fortlaufende Reihe zwischen dem Albit und Anorthit bilden, die isomorphen Krystallmolecule des Albit und Anorthit einander in mannigfachen wechselnden Verhältnissen vertreten, dass solche Feldspathe aus m Moleculen Albit und n Moleculen des Anorthit bestehen und die Zahlen m und n wechselnde sind. Alle diese Feldspathe als Mischlinge werden im Gegensatze zum Orthoklas, als dem rechtwinklig spaltbaren, Plagioklase, schiefwinklig spaltbare (von dem griechischen »*plagios*« schief und »*klaein*« spalten) genannt, indem die Spaltungsflächen parallel den Basis- und Längsflächen sich unter 86° 50′ bis 85° 50′ schneiden und es handelt sich nur darum, in wieviel Glieder man die ganze Reihe zertheilen will. Es erscheint zweckmässig, drei Typen festzuhalten, welche den früher aufgestellten Species Oligoklas, Andesin und Labradorit entsprechen, welche selbst wieder eine mittlere Zusammensetzung zeigen, um welche herum die zu ihnen gerechneten Vorkommnisse schwanken. Nimmt man nämlich an, dass in der Mitte zwischen Albit und Anorthit der Andesin steht, dessen mittlere Zusammensetzung auf die Vereinigung von 1 Molecul Albit und 1 Molecul Anorthit hinweist, so steht dann der Oligoklas in der Mitte zwischen Albit und Andesin mit 3 Moleculen Albit und 1 Molecul Anorthit, und der Labradorit in der Mitte zwischen Andesin und Anorthit, mit 3 Moleculen Anorthit und 1 Molecul Albit.

Wird in diesem Sinne die mittlere Zusammensetzung berechnet und mit der der beiden Schlussglieder zusammengestellt, so ersieht man, wie allmählich die

Zusammensetzung wechselt und andere etwas abweichende Vorkommnisse sich einem der 5 Glieder der Reihe nähernd diesem zuzuzählen sind. Es enthält der

	Natron	Kalkerde	Thonerde	Kieselsäure
Albit	11,83	—	19,47	68,70
Oligoklas	10,05	3,03	22,05	64,86
Andesin	7,73	6,98	25,44	59,85
Labradorit	4,56	12,37	30,04	53,02
Anorthit	—	20,14	36,70	43,16

wobei die neuesten Bestimmungen der Atomgewichte zu Grunde gelegt sind. Zu Albit gezählte Vorkommnisse enthalten demnach stellvertretend auch etwas Kalkerde und dem Anorthit zugezählte etwas Natron, sowie Oligoklas, Andesin und Labradorit Schwankungen um die mittlere Zusammensetzung herum zeigen. Etwaiger geringer Kaligehalt wird als Stellvertreter des Natrons in Rechnung gebracht. Es würde zu weit führen, noch die Grenzen zwischen den 5 Gliedern untereinander procentisch anzugeben.

Mit dem allmählichen Wechsel der Zusammensetzung hängt auch das spec. Gew. zusammen, welches allmählich mit dem Kalkerdegehalt ansteigt und sich aus den Mischungsverhältnissen berechnen lässt. G. TSCHERMAK berechnete in dieser Reihenfolge das durchschnittliche spec. Gew. aus dem der Endglieder, so dass vom Albit an die Zahlen folgende sind: 2,624, 2,659, 2,694, 2,728 und 2,758. Auch die optischen Verhältnisse entsprechen nach M. SCHUSTER (TSCHERMAK, min. u. petrogr. Mitth. III, 117 u. V, 189) dem fortschreitenden Wechsel in der Zusammensetzung. Durch besondere Umstände ergeben sich auch Abweichungen, welche jedoch bei der ganzen Art des Vorkommens erklärlich sind, zumal besonders Beimengungen und homologe Verwachsung mit anderem Feldspath von Einfluss sind, wie solche sich auch bei Orthoklas, Mikroklin und Albit zeigen, bei Krystallen leichter zu ermitteln sind als in den krystallinischen Vorkommnissen, welche als Gemengtheil in Gesteinsarten auftreten.

Im allgemeinen Aussehen zeigen die Mischlinge sich wechselnd wie die Feldspathe überhaupt, haben dieselbe Härte und sind v. d. L. mlt zunehmendem Gehalte an Kalkerde leichter schmelzbar, auch in Säuren entsprechend leichter zersetzbar, während das Endglied Anorthit schwerer schmelzbar ist, dagegen in Säuren vollständig zersetzbar.

Schliesslich ist noch im Hinblick auf den klinorhombischen Orthoklas und anorthischen Mikroklin und die anorthischen Plagioklase zu erwähnen, dass auch ein mit Orthoklas isomorpher Mischling, der Hyalophan gefunden wurde, welcher in krystallinisch körnigem Dolomit bei Imfeld im Binnenthal in Wallis in der Schweiz vorkommend sich durch gut ausgebildete, farblose Krystalle auszeichnet, und in der Formel an Andesin erinnernd wesentlich $K_2Al_2O_4 \cdot Si_6O_{12}$ $+ BaAl_2O_4 \cdot Si_2O_4$ darstellt, also Baryterde anstatt Kalkerde enthält.

Bei der grossen Verbreitung der Feldspathe und der Bedeutung, welche sie als Gemengtheil vieler Gesteinsarten haben, ist schliesslich noch anzuführen, dass sie durch ihre Verwitterung auch zur Entstehung zahlreicher wasserhaltiger Thonerde-Silicate Veranlassung geben, deren Bestimmung als Species viele Schwierigkeiten bietet. Unter diesen ist unstreitig die wichtigste Art der Kaolin, welcher vorwaltend das Substrat der petrographisch und technisch wichtigen Thone bildet. Der Kaolin, dessen Entstehung aus Feldspathen, namentlich Orthoklas, vielfach beobachtet werden kann, bildet zunächst drei Varietäten: eine deutlich krystallinische, den sogen. Nakrit (Pholerit), eine scheinbar dichte, das sogen. Steinmark

und eine mikrokrystallische feinerdige, die sogen. Porzellanerde. Die letztere ist die häufigste und liefert das Hauptmaterial für die Fabrication des Porzellan, daher ihr Name. Bei den Chinesen wird sie Kao-ling genannt, woraus der Name Kaolin entstand, der am zweckmässigsten auf die Species übertragen wird, zumal die anderen beiden Varietäten untergeordnete Vorkommnisse bilden [1]).

Die Porzellanerde entsteht nicht allein aus den Feldspathen, sondern auch aus manchen anderen Silicaten, ähnlichen Doppel-Silicaten der Thonerde mit noch einer anderen Basis dadurch, dass durch die Zersetzung diese Basis R_2O und RO, auch mehr oder weniger Kieselsäure fortgeführt wird, die übrig bleibende Thonerde mit der Kieselsäure unter Aufnahme von Wasser ein wasserhaltiges Thonerde-Silicat $H_2O \cdot Al_2O_3 + H_2O \cdot 2SiO_2$ mit 46,6 % Kieselsäure, 39,5 % Thonerde und 13,9 % Wasser bildet. Sie ist dem Aussehen und der Consistenz nach erdig und zerreiblich, die feinen pulverulenten Theilchen aber erscheinen unter dem Mikroskop als Krystallblättchen, ist schneeweiss oder durch geringe Beimengungen wenig gefärbt, gelblich-, röthlich-, grünlich- oder graulich-weiss, matt, undurchsichtig, milde, hat das spec. Gew. = 2,2 im Mittel und fühlt sich mager an. Ist v. d. L. unschmelzbar, giebt im Kolben erhitzt Wasser und wird mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau; mit Phosphorsalz bildet sie ein klares Glas, Kieselsäure ausscheidend. Sie wird von Salz- oder Salpetersäure kaum angegriffen, in kochender Schwefelsäure aber zersetzt. In kochender Kalilauge bildet sie eine darin lösliche Verbindung von Thonerde, Kieselsäure und Kali.

Durch die Zersetzung der Feldspathe (durch die Kaolinisirung) und anderer Silicate findet sie sich unmittelbar an Stelle derselben und bildet so bisweilen Pseudomorphosen nach denselben und bei dem Vorkommen der Feldspathe als sichtbarer Gemengtheil von Silicatgesteinen oder als nicht sichtbarer Antheil solcher, wie der jenen entsprechenden Porphyren und scheinbar einfachen Gesteinen, wie Felsit, Lithoid, Pechstein u. a. m. erscheint der Kaolin oft unrein in grossen Massen, häufig mit Quarz bis zur Unkenntlichkeit gemengt.

Das Steinmark, welches sich auch derb, eingesprengt und als Ausfüllung von Klüften und anderen Hohlräumen findet, ist gleichfalls mikrokrystallisch, nur haben die mikroskopisch kleinen Individuen einen festeren Zusammenhalt, wodurch das Steinmark dicht erscheint, doch bisweilen zerreiblich ist. Dasselbe ist weiss oder gefärbt, schimmernd bis matt, undurchsichtig, milde, fein bis etwas seifenartig anzufühlen, hat H. = 1,0—3,0 und das spec. Gew. = 2,4—2,6. In der Zusammensetzung, sowie im Verhalten v. d. L. und in Säuren verhält es sich nahezu wie die Porzellanerde.

Die Nakrit genannte krystallinische Varietät bildet gewöhnlich derb und eingesprengt vorkommend höchst feinschuppige Aggregate, selten, wie bei Brand unweit Freiberg in Sachsen, aus kugeligen bis fächerförmigen Gruppen zusammengesetzte Ueberzüge auf Klüften, zeigt sehr kleine tafelförmige, sechsseitige, aber optisch zweiachsige Kryställchen, aus denen die Gruppen bestehen und die nach Art der Glimmer in einer Richtung vollkommen spaltbar sind, sehr geringe Härte und das spec. Gew. = 2,6 haben. Er ist gelblichweiss bis schneeweiss, perlmutterartig glänzend bis schimmernd, in den dünnen Blättchen durchscheinend und schwillt v. d. L. sich aufblätternd zu unschmelzbarer Masse an, wird mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau und ist in Schwefelsäure zersetzbar. Die Zusammensetzung stimmt mit der des Kaolin und Steinmark, ist jedoch etwas wechselnd, was bei derartigen Vorkommnissen leicht zu erwarten ist. Da der Nakrit

[1]) JOHNSTON und BLAKE schlugen den Namen Kaolinit vor.

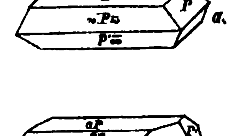
wie manches Steinmark nach dem Vorkommen nicht als unmittelbares Umwandlungsprodukt der Feldspathe angesehen werden kann, so ist anzunehmen, dass das bezügliche Silicat sich aus Lösungen krystallinisch abgesetzt hat.

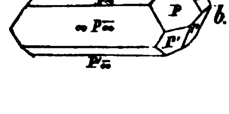
Wenn überhaupt aus der Zersetzung der Feldspathe und anderer ähnlicher Silicate Kaolin entsteht, welcher namentlich als Porzellanerde und Steinmark mehr oder weniger rein erscheint, so ist es auch wahrscheinlich, dass noch andere ähnlich vorkommende wasserhaltige Thonerde-Silicate aus solcher Zersetzung hervorgehen, wie deren eine nicht geringe Anzahl als eigene Species unterschieden wurden, die aus Lösungen in ähnlicher Weise abgesetzt, dichte unkrystallinische bis mikrokrystallische Vorkommnisse bilden. Da dieselben aber ausser den opalinischen Gebilden (pag. 469, Bd. II), welche eine genauere Bestimmung ermöglichen, als dichte bis erdige oder mikrokrystallische die genaue specifische Zusammensetzung schwierig ermitteln lassen, wie verschiedene z. Th. dem Nakrit, z. Th. dem Steinmark angereihte Vorkommnisse zeigen, wie der Pholerit, Gilbertit, Carnat, Myelin, Montmorillonit, Severit, Cimolit mit Anauxit u. a. m., so sollte dieser Bildungen hier nur gedacht werden, ohne auf ihre Verschiedenheit näher einzugehen. Sie unterscheiden sich untereinander und vom Kaolin wesentlich durch andere Mengenverhältnisse der drei wesentlichen Bestandtheile Kieselsäure, Thonerde uud Wasser, sind bisweilen wirklich nur Gemenge, im Aussehen dem Kaolin ähnlich, geben im Kolben erhitzt Wasser, sind meist v. d. L. unschmelzbar und zeigen durch die Kobaltsolution den Gehalt an Thonerde an.

V. Die Epidotgruppe.

12. Der Epidot. Dieses häufig vorkommende Mineral, dessen Krystalle meist aufgewachsen sind, krystallisirt klinorhombisch und zeichnet sich durch seinen Reichthum an Gestalten vor allen anderen klinorhombischen Species aus, indem bis jetzt schon 220 einzelne Gestalten in den z. Th. sehr flächenreichen Combinationen gefunden wurden. Ausserdem sind die Krystalle noch dadurch bemerkenswerth, dass sie fast immer nach der Querachse gestreckt sind und meist so aufgewachsen vorkommen, dass sie mit dem einen Ende derselben aufgewachsen sind und das andere Ende frei ausgebildet ist und dass sie endlich fast immer Zwillinge und durch wiederholte Zwillingsbildung Viellinge bilden. Bei der Mannigfaltigkeit der Krystallgestalten finden sich auch flächenarme Combinationen, bei denen zunächst in der Querachsenzone der nach ihr prismatisch ausgebildeten Krystalle 3 Flächenpaare hervortreten, welche nach der von MOHS gewählten Stellung die Querflächen $\infty P \bar{\infty}$ mit dem vorderen Querhemidoma $P \bar{\infty}$ und dem hinteren Querhemidoma $P' \infty$ sind (Fig. 14a). Die beiden Querhemidomen sind unter 128° 18′ gegeneinander geneigt, während das vordere Querhemidoma $P \bar{\infty}$ mit der Querfläche den CKwinkel = 116° 18′, das hintere Querhemidoma $P' \bar{\infty}$ mit der Querfläche den CKwinkel = 115° 24′ bildet. Auch treten dazu die Basisflächen oP (Fig. 14b), welche die Combinationskante der beiden Querhemidomen abstumpfen und gegen $P \bar{\infty}$ unter 154° 15′, gegen $P' \bar{\infty}$ unter 154° 3′ geneigt sind, während sie gegen die Querflächen unter 90° 33′ und 89° 27′ geneigt sind. Bei anderen Combinationen ist mit den Querflächen und

(Min. 254.)





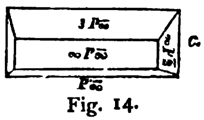


Fig. 14.

dem hinteren Querhemidoma $P'\bar{\infty}$ ein steiles vorderes $3P\bar{\infty}$ verbunden (Fig. 14 c). Seitlich sind die Krystalle durch verschiedene Gestalten begrenzt, so z. B. wie Fig. 14a zeigt durch die vordere Hemipyramide P, welche auf $P\bar{\infty}$ aufgesetzt eine Zuschärfung von 109° 35′ bilden, oder es sind auch noch die hinteren Hemipyramidenflächen P′ vorhanden, welche auf $P'\bar{\infty}$ aufgesetzt (Fig. 14 b) seitlich gegeneinander unter 110° geneigt sind. Oder es findet sich seitlich ein Prisma $\infty P\bar{2}$ (Fig. 14, c), dessen sichtbare orthodiagonale Kanten 116° 58′ messen. Oft sind auch die Längsflächen als seitliche Begrenzung vorhanden. Die Zwillinge sind Contactzwillinge nach dem hinteren Querhemidoma $P'\bar{\infty}$, sehr selten nach der Querfläche.

Bei der von MARIGNAC eingeführten Stellung der Krystalle werden die früheren Querflächen als Basisflächen und die Flächen des früheren hinteren Querhemidoma $P'\bar{\infty}$ als Querflächen aufgefasst, das frühere vordere $P\bar{\infty}$ als hinteres $P'\bar{\infty}$ und die früheren Basisflächen als hinteres Querhemidoma $2P'\bar{\infty}$, im Zusammenhange damit die frühere vordere Hemipyramide P jetzt als hintere Hemipyramide P′, die frühere hintere Hemipyramide P′ jetzt als Prisma ∞P, das frühere Prisma $\infty P\bar{2}$ jetzt als Längsdoma $P\breve{\infty}$, das frühere vordere Querhemidoma $3P\bar{\infty}$ als hinteres Querhemidoma $\frac{1}{2}P'\bar{\infty}$ u. s. w., wonach die gewöhnlichen Zwillinge als solche nach der Querfläche aufgefasst werden, die basischen die seltenen sind.

Durch undeutliche Ausbildung bilden die Krystalle Stengel bis Nadeln und ausser krystallisirt findet sich der Epidot derb, stenglige bis körnige Aggregate bildend, die letzteren in fast dichte Massen übergehend. Selten ist er sandartig (der Skorza genannte von Muska in Siebenbürgen). Er ist vollkommen spaltbar parallel den Querflächen (jetzt den Basisflächen), etwas weniger vollkommen nach dem hinteren Querhemidoma $P'\bar{\infty}$ (jetzt den Querflächen), und der Bruch ist muschlig bis uneben oder splittrig.

Der Epidot ist vorherrschend grün (oft gelblich- bis bräunlichgrün (daher die Namen Pistazit und Thallit), hell bis dunkel, gelb bis braun, auch gräulichgrün bis grau, selten roth oder schwarz, durchsichtig bis undurchsichtig, glasglänzend, auf den vollkommenen Spaltungsflächen in Diamantglanz geneigt, auf den Bruchflächen wachsartig. Er ist spröde, hat die H. = 6,0—7,0 und das spec. Gew. = 3,3—3,5. In der Zusammensetzung ist er wesentlich ein wenig Wasser enthaltendes Kalkthonerde-Silicat mit wechselndem Gehalte an die Thonerde ersetzendem Eisenoxyd, wonach er der Formel $3(CaR_2O_4 \cdot Si_2O_4) + H_2O \cdot CaO$ entspricht. Die procentische Zusammensetzung ist demnach sehr wechselnd, indem das Verhältniss der Thonerde zum Eisenoxyd nach den bisherigen Analysen verschieden ist, etwa zwischen $1 Fe_2O_3 : 6 Al_2O_3$ bis zu $1 Fe_2O_3 : 2 Al_2O_3$ sich erstreckt. So zeigen z. B. die schweizerischen Epidote nahezu $1 Fe_2O_3$ auf $5 Al_2O_3$ und enthalten durchschnittlich 23,91 Kalkerde, 27,21 Thonerde, 8,54 Eisenoxyd, 38,42 Kieselsäure und 1,92 Wasser, während z. B. die Epidote von Bourg d'Oisans im Dauphiné, von Arendal in Norwegen, von Achmatowsk am Ural, von der Knappenwand im Sulzbachthale im Pinzgau durchschnittlich eisenreicher sind, $1 Fe_2O_3$ auf $2 Al_2O_3$ und demnach 23,19 Kalkerde, 21,12 Thonerde, 16,56 Eisenoxyd, 37,27 Kieselsäure und 1,86 Wasser enthalten. V. d. L. ist das Verhalten dem Wechsel entsprechend etwas verschieden, die an Thonerde reicheren sind kaum schmelzbar, zeigen an der Oberfläche der Splitter ein eigenthümliches Anschwellen an einzelnen Stellen und runden sich ab, während die eisenreicheren schwierig schmelzbar sind. Von Salzsäure wird der Epidot wenig angegriffen,

nach starkem Glühen aber oder geschmolzen ist er in Salzsäure mehr oder weniger leicht löslich, Kieselgallerte abscheidend.

Er ist ein häufig vorkommendes Mineral, welches besonders in Drusenräumen, auf Klüften und Gängen krystallisirt vorkommt, wesshalb nur beispielsweise als Fundorte anzuführen sind die Knappenwand im Untersulzbachthale im Pinzgau (hier die schönsten und grössten Krystalle), der rothe Kopf bei Schwarzenstein im Zillerthale und der Monzoni in Tyrol, Lanza und Traversella in Piemont, Guttannen im Haslethale, das Sustenhorn, das Maggia- und Vorderrheinthal in der Schweiz, Bourg d'Oisans im Dauphiné in Frankreich, Arendal in Norwegen, Striegau in Schlesien, Zöptau und Marschendorf in Mähren, Breitenbrunn und Schwarzenberg in Sachsen, Achmatowsk, Schumaja und Burawa am Ural. Auch findet er sich bisweilen als accessorischer Gemengtheil in älteren krystallinischen Silicatgesteinen wie in Granit, Gneiss, Syenit, Diorit, Diabas u. a.

Als eine bemerkenswerthe Art ist der Piemontit (Manganepidot) von St. Marcel in Piemont anzuführen, welcher stenglige Aggregate bildet und röthlichbraun bis röthlichschwarz und schwärzlich violblau gefärbt ist, mit kirschrothem Strich. Derselbe enthält als Stellvertreter der Thonerde Manganoxyd und Eisenoxyd (auf $3Al_2O_3$ $2Mn_2O_3$ und $1Fe_2O_3$ und somit 22,56 Kalkerde, 15,41 Thonerde, 15,91 Manganoxyd, 8,06 Eisenoxyd, 36,25 Kieselsäure und 1,81 Wasser.

13. Der Zoisit, welcher in seiner Zusammensetzung sich dem Epidot anreiht, wesentlich als Kalkerde-Epidot der Formel $3(CaAl_2O_4 \cdot Si_2O_4) + H_2O \cdot CaO$ entsprechend 24,67 Kalkerde, 33,70 Thonerde, 39,65 Kieselsäure und 1,98 Wasser enthält. Jedoch ist er nie eisenfrei, enthält aber nur wenig Eisenoxyd, im Mittel $1Fe_2O_3$ auf $14Al_2O_3$ und darnach berechnet 24,36 Kalkerde, 31,06 Thonerde, 3,48 Eisenoxyd, 39,15 Kieselsäure und 1,95 Wasser mit geringen Schwankungen um dieses Mittel. Er findet sich selten deutlich krystallisirt, meist nur individualisirt, dick prismatische, undeutlich ausgebildete eingewachsene Krystalle bis Stengel oder stenglige Aggregate bildend.

Die Krystalle haben wohl eine grosse Aehnlichkeit mit denen des Epidot, doch sind sie nach DES CLOIZEAUX orthorhombische in der Richtung der Hauptachse ausgedehnte, wie dies auch die Messungen TSCHERMAK's an den flächenreichen Krystallen von Ducktown in Tennessee bestätigten. Sie zeigen ein Prisma ∞P (116° 26') und in Combination damit noch andere Prismen $\infty P\bar{n}$ oder $\infty P\breve{n}$, die Quer- und Längsflächen, begrenzt durch das Querdoma $P\bar{\infty}$ (122° 4'), wozu auch noch $2P\breve{\infty}$, P und $2P\breve{2}$ treten. Er ist vollkommen spaltbar parallel den Längsflächen und hat muschligen bis unebenen und splittrigen Bruch; ist graulichweiss bis asch- und rauchgrau, gelblichweiss, gelblichgrau bis erbsengelb, grünlichweiss, grünlichgrau bis blassgrün, mehr oder weniger durchscheinend, wenig glasglänzend, auf den Spaltungsflächen stark perlmutterartig, hat H. = 6,0 und spec. Gew. = 3,22—3,36. V. d. L. schmilzt er anschwellend und mit Blasenwerfen an den Kanten zu klarem Glase und verhält sich gegen Säuren wie der Epidot. Er findet sich beispielsweise bei Sterzing, Faltigl, Pregratten und Windisch-Matrey in Tyrol, im Pinzgau, an der Saualpe in Kärnthen, im Saasthal in Wallis in der Schweiz, bei Gefrees in Oberfranken, Ducktown in Tennessee und Goshen in Massachusetts in Nord-Amerika.

Zu ihm gehört auch der rosen- bis pfirsichblüthrothe dünnstenglige, selten kleine deutliche Krystalle bildende Thulit von Kleppan im Kirchspiel Souland

in Tellemarken und von Arendal in Norwegen, welcher neben dem geringen Gehalte an Eisenoxyd noch etwas Manganoxyd enthält.

Als dem Zoisit verwandt wurde auch das Saussurit genannte Mineral angesehen, welches besonders als kleinkrystallinischer bis dichter Gemengtheil in manchem Gabbro vorkommt, zumal er in Härte und Gewicht, im Verhalten v. d. L. und in Säuren und in der Zusammensetzung jenem ähnlich ist.

14. Der Allanit (z. Th. auch Orthit genannt) krystallisirt klinorhombisch wie Epidot, mehr oder weniger deutlich, nach der Querachse langgestreckt bis stenglig, auch dicktafelig ausgebildet und eingewachsen, auch derb und eingesprengt, dabei scheinbar dicht, hat unvollkommene Spaltungsflächen und muschligen Bruch. Er ist dunkelgrau, braun bis bräunlich- oder grünlichschwarz, halbmetallisch bis wachsartig glänzend, auf den muschligen Bruchflächen glasartig, undurchsichtig bis kantendurchscheinend und hat H. = 5,5—6,0 und spec. Gew. = 3,3 bis 3,8. Die Zusammensetzung dieses bemerkenswerthen, an vielen Fundorten in Granit, Syenit, Gneiss u. a. eingewachsenen Minerals, lässt nach der dem Epidot entsprechenden Gestalt eine ähnliche Formel vermuthen, doch ist trotz zahlreicher Analysen der Vorkommnisse verschiedener Fundorte wenig Uebereinstimmung derselben untereinander ersichtlich, wenn man ihn auch für einen Cer-Epidot anzusehen geneigt ist. Dies liegt wesentlich daran, dass er sehr verschiedene, in den relativen Mengen derselben wechselnde, seltene Basen enthält, wie ausser Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde namentlich Ceroxydul, Ceroxyd, Yttererde, Lanthanoxyd und Didymoxyd, auch Eisenoxyd und Oxydul, Manganoxydul und Magnesia und sehr wechselnden Wassergehalt zeigt. Dazu kommt noch eine offenbar grosse Tendenz dieses Minerals zur Zersetzung, wie namentlich schon der bei manchen bis auf 13 Procent ansteigende Wassergehalt ersichtlich macht, so wie auch das optische Verhalten, indem er zum Theil doppeltbrechend ist oder zum Theil einfach brechend wie amorphe Substanzen. Entsprechend der grossen Verschiedenheit in der Zusammensetzung ist auch das Verhalten v. d. L. verschieden, indem er schwer schmelzbar bis leicht schmelzbar mit Aufblähen und Aufschäumen ist, manchmal ein eigenthümliches Verglimmen beim Erhitzen zeigt (Pyrorthit). Ebenso werden viele Vorkommnisse in Salzsäure vollkommen zersetzt, Kieselgallerte abscheidend, manche von Säuren kaum angegriffen, selbst nach dem Glühen nur schwierig. Immerhin ist die Verwandtschaft mit Epidot nicht zu verkennen, ja es wurden selbst (bei Helsingfors in Finnland) Epidotkrystalle gefunden, welche einen Kern von Allanit (Orthit) enthalten.

VI. Die Vesuviangruppe.

Dieselbe umfasst eine Reihe quadratisch krystallisirender Species, welche der Mehrzahl nach wesentlich Kalkthonerde-Silicate sind, ausserdem auch zum Theil Alkalien, namentlich Natron enthalten, welches an Menge zunehmend, einzelne selbst als vorherrschend Natronthonerde-Silicat bildend auffassen liess.

15. Der Vesuvian, durch Formenreichthum der Krystalle, welche meist in Drusenräumen und auf Klüften aufgewachsen sind, selten eingewachsen vorkommen, ausgezeichnet. Sie sind meist prismatische, lange bis kurze auch dicktafelige, bisweilen stumpfpyramidale, bilden bei undeutlicher Ausbildung meist Stengel und verwachsen stenglige bis körnige Aggregate. Die Grundgestalt ist eine stumpfe quadratische Pyramide P, deren Endkantenwinkel = 129° 21′ und deren Seitenkantenwinkel = 74° 27′ nach N. von Kokscharow ist, doch differiren die Winkel verschiedener Vorkommnisse, was zum Theil von der Güte

der Krystalle, zum Theil von der etwas wechselnden Zusammensetzung abhängt. Selten findet sich die Grundgestalt allein. Gewöhnlich sind in den Combinationen die Prismen vorherrschend, bei den einfachsten das normale Prisma ∞ P begrenzt durch die Basisflächen oP oder begrenzt durch die Pyramide P, deren Endecken häufig durch die Basisflächen gerade abgestumpft sind. Dazu tritt oft das diagonale quadratische Prisma ∞ P ∞ als gerade Abstumpfung der Kanten von ∞ P (Fig. 15) und auch oft die diagonale quadratische Pyramide P ∞ als gerade Abstumpfung der Endkanten von P. Andere Gestalten, wie spitzere und stumpfere normale Pyramiden, oktogonale Prismen und Pyramiden treten untergeordnet auf; bisweilen sind die Krystalle stumpf pyramidale und die prismatischen Gestalten untergeordnet. Die Spaltbarkeit parallel den Prismen ∞P∞ und ∞P ist unvollkommen, der Bruch muschelig, uneben oder splittrig. Der Vesuvian ist grün, gelb, braun bis schwärzlichbraun, selten himmelblau bis spangrün (der sogen. Cyprin) oder fast farblos, glas- bis wachsglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 6,5 und spec. Gew. = 3,2—3,5. V. d. L. schmilzt er leicht mit Aufschäumen zu gelblichgrünem bis bräunlichem Glase; von Salzsäure wird er wenig angegriffen, dagegen nach starkem Glühen oder Schmelzen zersetzt, Kieselgallerte abscheidend. In der Zusammensetzung ist er sehr schwankend, ist wesentlich ein Kalkthonerde-Silicat, worin besonders neben den 3 Hauptbestandtheilen wechselnde stellvertretende Mengen von Eisenoxyd, Eisenoxydul und Magnesia, auch Manganoxydul enthalten sind. Nach den vielen Analysen jedoch ist es bis jetzt nicht möglich gewesen, eine übereinstimmende Formel aufzustellen, zumal ältere und die neuesten Analysen auch einen wechselnden geringen Wassergehalt ergaben. Würde man von diesem absehen, so kann man die Formel $Ca_5Al_2O_8 \cdot Si_4O_8$ aufstellen, für welche man auch $CaAl_2O_4 \cdot Si_2O_4 + 2(Ca_2O_2 \cdot SiO_2)$ oder $Ca_3Al_2O_6 \cdot Si_3O_6 + Ca_2O_2 \cdot SiO_2$ schreiben kann. Die letztere erinnert an die frühere Meinung, wonach der Vesuvian und Kalkthongranat als gleich zusammengesetzt angesehen wurden, während sie verschieden krystallisiren, wesshalb der Vesuvian auch Idokras (von dem griechischen »*eidos*« Gestalt und »*krasis*« Mischung) genannt wurde, um auf die Gleichheit der Zusammensetzung und die Verschiedenheit der Gestalt hinzuweisen. Jetzt ist die Verschiedenheit der Mischung erwiesen.

(Min. 255.)

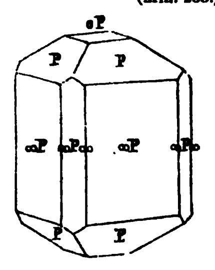


Fig. 15.

Eisenoxyd, Eisenoxydul, Magnesia, Manganoxydul sind Stellvertreter und wenn man beispielsweise den fünften Theil der Thonerde durch Eisenoxyd, den fünften Theil der Kalkerde durch Magnesia ersetzt, so würde der sogen. Wiluit (Vesuvian vom Flusse Wilui in Sibirien) diesem Falle entsprechen und 38,8 Kieselsäure, 13,2 Thonerde, 5,2 Eisenoxyd, 36,3 Kalkerde und 6,5 Magnesia enthalten, was sehr nahe mit den Analysen übereinstimmt. Bei anderen Vesuvianen ist Thonerde und Kalkerde partiell durch andere Mengen der stellvertretenden Bestandtheile ersetzt. Selbst in Krystallen desselben Fundortes kann die Vertretung eine verschiedene sein.

Der Vesuvian, benannt nach dem Vorkommen in vulkanischen Auswürflingen des Monte Somma am Vesuv, deren Hauptmasse körniger Kalk ist, findet sich ziemlich häufig in Drusen und Klüften verschiedener Gesteine, wie in körnigem Kalk, Dolomit, Serpentin, Chloritschiefer u. a., auf Lagern und Gängen, ausser krystallisirt auch stenglige bis körnige Aggregate bildend. Als Fundorte sind

beispielsweise anzuführen: die Mussa-Alpe im Alathale in Piemont, Zermatt in Oberwallis in der Schweiz, der Monzoniberg, das Pfitsch- und das Zillerthal in Tyrol, Auerbach an der Bergstrasse in Hessen, Orawicza im Banat, Egg und Eker in Norwegen, Frugard im Kirchspiel Mäntzälä in Finnland (Frugardit), Gökum in Schweden (Gökumit), Slatoust, Achmatowsk und Poläkowsk am Ural, der Wiluifluss in Sibirien, Souland in Norwegen (hier der Cyprin), Haslau bei Eger in Böhmen (Egeran) und Sandford in Maine in Nord-Amerika, wo er stenglig wie der stenglige von Eger einen bis 200 Fuss mächtigen Gang bildet. Schön gefärbte Varietäten werden bisweilen als Schmuckstein verwendet.

16. Der Meionit, quadratisch krystallisirt, ähnlich dem Vesuvian vorherrschend prismatisch in der Combination $\infty P\infty \cdot P \cdot \infty P$, auch mit $P\infty$, oP und anderen untergeordneten Gestalten, wobei die Grundgestalt P etwas stumpfer ist als bei Vesuvian, den Endkantenwinkel $= 136° 12'$ hat. Er ist vollkommen spaltbar parallel $\infty P\infty$, unvollkommen parallel ∞P und hat muschligen Bruch, ist farblos bis weiss, glasglänzend, durchsichtig bis durchscheinend, hat H. = 5,5—6,0 und spec. Gew. = 2,60—2,74, schmilzt v. d. L. mit Aufschäumen zu blasigem farblosem Glase und ist in Salzsäure löslich, die Kieselsäure als Pulver abscheidend. Nach den Analysen des schönsten Vorkommens in vulkanischen Auswürflingen des Monte Somma am Vesuv entspricht er der Formel $Ca_8Al_{12}O_{26} \cdot Si_{13}O_{26}$ mit 24,35 Kalkerde, 33,26 Thonerde und 42,39 Kieselsäure, doch enthält er noch geringe Mengen von Magnesia, Alkalien und Eisenoxyd.

17. Der Wernerit, in der Krystallisation mit Meionit übereinstimmend, ebenfalls prismatische Krystalle, bisweilen sehr grosse darstellend, auf- und eingewachsene, auch derb, krystallinisch gross- bis grobkörnige Aggregate bildend, findet sich besonders auf Lagern von Eisenerzen und körnigem Kalk, auch auf Gängen in krystallinischen Schiefern, selbst als Gemengtheil in Gneiss den Feldspath ersetzend, wie bei Varberg in Schweden und ist von vielen Fundorten bekannt. Er ist deutlich spaltbar parallel $\infty P\infty$, weniger parallel ∞P und hat muschligen, unebenen bis splittrigen Bruch. Er ist weiss bis farblos, häufig gefärbt, wie graulichweiss bis grau und schwarz, gelblichweiss bis gelb, grünlichweiss bis grün, roth, braun, selten blau, glasglänzend, auf den deutlichen Spaltungsflächen perlmutterartig, auf den Bruchflächen wachsartig, meist wenig glänzend bis schimmernd und matt, durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,6—2,8. V. d. L. ist er mehr oder weniger leicht mit Aufschäumen zu blasigem, meist trübem Glase schmelzbar und in Salzsäure zersetzbar, meist ohne Bildung von Kieselgallerte, giebt bisweilen im Glaskolben erhitzt etwas Wasser, meist in Folge von Zersetzung, durch welche auch einzelne Vorkommnisse schwer schmelzbar und schwierig zersetzbar erscheinen.

Die Zusammensetzung ist eine sehr wechselnde, wenn auch nicht zu verkennen ist, dass er wesentlich ein Kalkthonerde-Silicat mit wechselnden Mengen eines Natronthonerde-Silicates darstellt, wobei fast immer etwas Magnesia und Kali als Stellvertreter, sowie Eisenoxydul oder Eisenoxyd vorkommen. Meist ist auch ein wechselnder Wassergehalt gefunden worden. Die vielfachen Analysen ermöglichten jedoch bis jetzt nicht, das an sich basische Silicat durch eine Formel auszudrücken, obgleich verschiedene Forscher, wie R. Hermann, G. vom Rath, C. Rammelsberg und G. Tschermak u. a. dies versuchten. Abgesehen von dem wechselnden Mengenverhältniss der beiden mit einander verbundenen Silicate trägt auch noch eine unverkennbare Tendenz zur Zersetzung dazu bei, dass verschiedene Vorkommnisse mit eigenen Namen belegt und als besondere Arten

betrachtet wurden, wie der Skapolith von Pargas in Finnland u. a. O., der Ersbyit von Pargas, der Atheriastit von Arendal in Norwegen, der Glaukolith und Paralogit vom Baikalsee, der Strogonowit von der Sludänka in Daurien, der Nuttalit von Bolton in Massachusetts, der Algerit von Franklin in New-Jersey, der Wilsonit von Bathurst und der Riponit von Ripon in Canada, der Eckebergit von Hirvesalo und Hesselkulla in Finnland, der Couseranit von les Couserans und der Dipyr von Mauléon, Ponzac, Libarens und Castillon in den französischen Pyrenäen, der Prehnitoid von Klingsberg in Schweden, der Passauit oder Porzellanspath von Passau in Bayern u. a. m.

Nahe verwandt ist der Mizzonit vom Monte Somma und vom Laacher See, wie die Vergleichung mit sogen. Skapolith von Gouverneur in New-York zeigt, welcher auch in der Form nahe steht, und nach der Analyse G. vom Rath's nahezu $3(Na_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8) + Ca_3Al_2O_6 \cdot Si_3O_6$ (genauer 10 auf 3) enthält, wogegen die beiden Species Sarkolith vom Vesuv und Marialith von Pianura bei Neapel bezüglich ihrer Formel noch nicht festgestellt sind. Sie stehen sich beide diametral entgegen, indem jener vorherrschend ein Kalkthonerde-Silicat ist, für welches man die Granatformel wahrscheinlich fand, doch auch wenig Natronthonerde-Silicat enthält, dieser vorherrschend ein an Kieselsäure reiches Natronthonerde-Silicat darstellt, neben welchem noch Kalkthonerde-Silicat in geringer Menge enthalten ist. Schliesslich sind noch

18. der Melilith und Gehlenit als quadratische Species dieser Gruppe anzuführen. Der Melilith (mit Einschluss des Humboldtilith) bildet gewöhnlich kleine aufgewachsene Krystalle, wie am Vesuv, bei Capo di Bove unweit Rom und von Herchenberg im Brohlthale oder mikroskopische eingewachsene Krystalle in Nephelin- und Leucit führenden Laven der Eifel und basaltischen Gesteinen des Erzgebirges. Er ist gewöhnlich kurzprismatisch, begrenzt durch die Basisflächen, die Combination $\infty P \infty \cdot oP$ darstellend, wozu auch noch andere Gestalten wie ∞P, $\infty P3$, selten P treten, welche letztere Pyramide als Grundgestalt ein wenig spitzer ist als die des Meionit. Er ist gelb bis braun, gelblichweiss, gelblichgrau bis graulichweiss, glas- bis wachsglänzend, kantendurchscheinend bis halbdurchsichtig, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,9—2,95 und ist v. d. L. zu gelbem bis schwärzlichem Glase schmelzbar, in Salzsäure löslich, Kieselgallerte abscheidend. In der Zusammensetzung ist er dem Vesuvian verwandt, enthält aber relativ mehr Kalkerde gegenüber der Thonerde, stellvertretend Eisenoxyd und Magnesia, nebenbei etwas Natron mit Kali auf ein Kalkthonerde-Silicat hinweisend, welches mit einer geringen Menge eines Natronthonerde-Silicates verbunden ist.

Der Gehlenit endlich, welcher in krystallinisch-körnigem Kalk des Monzoniberges im Fassathale in Tyrol und bei Oravicza im Banat eingewachsene Krystalle bildet oder drusige Aggregate, zeigt gewöhnlich nur kurzprismatische bis dicktafelige Krystalle mit deutlicher basischer Spaltbarkeit, ist berg-, lauch- bis olivengrün, selbst leberbraun, wenig wachsartig glänzend, kantendurchscheinend bis undurchsichtig und hat H. = 5,5—6,0 und spec. Gew. = 2,98—3,1. Er ist v. d. L. in Splittern schwer zu grauem oder grünlichem Glase schmelzbar, wird dagegen in Säuren vollständig zersetzt, Kieselgallerte abscheidend. Er ist ein drittelbasisches Silicat $Ca_3Al_2O_6 \cdot Si_2O_4$ mit wenig stellvertretendem Eisenoxyd und Magnesia, enthält jedoch meist etwas Wasser, vielleicht in Folge von Zersetzung.

VII. Die Leucitgruppe.

19. Der Leucit. Dieses in jeder Beziehung ausgezeichnete vulkanische Mineral, welches sich als Gemengtheil besonders in Laven des Vesuv und der Umgegend von Rom, sowie bei Rieden unweit Andernach am Rhein, am Kaiserstuhl im Breisgau, mikroskopisch klein in basaltischen, doleritischen und phonolithischen Gesteinen findet, bildet fast immer eingewachsene Krystalle bis Körner und körnige Aggregate, selten in Drusenräumen aufgewachsene Krystalle.

Früher wurde der Leucit allgemein für tesseral gehalten, bildet nach dieser Auffassung das nach dem Leucit Leucitoeder genannte Deltoidikositetraeder 2O2, selten die Combination desselben mit dem Rhombendodekaeder ∞O, welches die symmetrisch vierkantigen Ecken von 2O2 gerade abstumpft. Sehr selten ist auch untergeordnet das Hexaeder zu bemerken. 1872 fand G. vom Rath an aufgewachsenen Krystallen vesuvischer Auswürflinge, dass die Krystalle nur scheinbar tesserale sind, sehr genaue Messungen das Mineral als quadratisch krystallisirt herausstellten, wonach die Combination einer spitzen oktogonalen Pyramide mit einer stumpfen quadratischen Pyramide der tesseralen Gestalt 2O2 sehr ähnlich ist. Hierbei musste es als sehr auffallend erscheinen, dass die Krystalle von den verschiedensten Fundorten und in verschiedenen Gesteinen immer diese Combination quadratischer Gestalten in solcher relativer Ausdehnung der combinirten Gestalten zeigen, dass sie der Gestalt 2O2 täuschend ähnlich sind. 1880 endlich erklärte A. Weissbach auf Grund sehr genauer Messungen E. Treptow's an einem Krystalle aus dem Albanergebirge, dass der Leucit orthorhombisch krystallisirt und durch die im Gleichgewichte stehende Combination von drei orthorhombischen Pyramiden die scheinbare tesserale Gestalt 2O2 erzeugt wird. Auch optische Untersuchungen und Studien der Aetzfiguren machten das tesserale System für Leucit zweifelhaft, sowie vielfache Zwillingsverwachsung beobachtet wurde, welche die veränderte Auffassung der Leucitkrystalle rechtfertigte. P. Hautefeuille fand sogar an auf künstlichem Wege erhaltenen Leucitkrystallen die nur scheinbar tesserale Gestalt.

Nach vielfachen und sehr eingehenden Untersuchungen aller Verhältnisse dieses durch seine auffallende Aehnlichkeit mit tesseralen Krystallen interessanten Minerals Seitens verschiedener Forscher, namentlich in letzter Zeit, wurde endlich durch C. Klein (neues Jahrb. f. Min. III. Beilage-Band pag. 522) der Sachverhalt in dem Sinne aufgeklärt, dass der Leucit in dem feurig flüssigen und langsam erstarrenden Magma wirklich tesseral krystallisirte, wesshalb er überall in übereinstimmender Gestalt gefunden wird, durch die Form 2O2 ausgezeichnet, an welcher bisweilen untergeordnet noch ∞O und ∞O∞ auftreten. Diese ursprünglich tesseralen Krystalle wurden durch allmähliche Abnahme der Temperatur in ihren Achsen ein wenig different und erscheinen daher jetzt als orthorhombische Combination, indem durch die Differenzirung der ursprünglichen tesseralen Achsen jetzt dem Leucitoeder 2O2 das orthorhombische Leucitoid, die Combination $\frac{1}{2}P \cdot 2\bar{P}2 \cdot 2\breve{P}2$ entspricht, das untergeordnete Rhombendodekaeder ∞O jetzt das orthorhombische Dodekaid als Combination $\infty P \cdot P\bar{\infty} \, P\breve{\infty}$ und das untergeordnete Hexaeder ∞O∞ jetzt das orthorhombische Hexaid $\infty P\bar{\infty} \cdot \infty P\breve{\infty} \cdot 0P$ geworden ist. Ausserdem erscheinen die Grundindividuen nach allen Flächen des früheren Rhombendodekaeder verzwillingt. Diese Erklärung der gesammten Erscheinungen, dass das ursprünglich tesserale Mineral ohne Veränderung der Zusammensetzung jetzt orthorhombisch geworden ist, durch Umlagerung der vor-

handenen Atome, wurde besonders dadurch begründet, dass C. KLEIN fand, dass durch Erhitzen der Leucit wieder isotrop (einfach brechend) wird.

Der Leucit ist gewöhnlich graulichweiss bis grau, auch gelblichweiss bis blassgelb und blassfleischroth, glasglänzend, auf den Bruchflächen wachsartig, halbdurchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 5,5—6,0 und spec. Gew. = 2,4—2,5. Er wurde anfänglich für weissen Granat gehalten, Leukogranat genannt, von dem griechischen »*leukos*« weiss, woraus dann der Name Leucit gebildet wurde. Er ist wesentlich nach der Formel $K_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8$ zusammengesetzt, wonach er 21,56 Kali, 23,39 Thonerde und 55,05 Kieselsäure enthält, stellvertretend auch etwas Natron. Er ist v. d. L. unveränderlich und unschmelzbar, wird mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht schön blau und ist in Salzsäure löslich, die Kieselsäure als Pulver abscheidend.

Bemerkenswerth ist die Umwandlung des Leucit in Analcim, welche der in Dolerit am Kaiserstuhle im Breisgau vorkommende zeigt, wobei unter Aufnahme von 2 Moleculen H_2O das Kali durch Natron ersetzt wird; andere, wie die vom Albaner Gebirge in Italien werden in Kaolin umgewandelt und die durch ihre Grösse ausgezeichneten, lose auf den Feldern von Oberwiesenthal im Erzgebirge vorkommenden Leucitkrystalle sind in Orthoklas und Muscovit umgewandelt.

Ein dem Leucit analoges Natronthonerde-Silicat $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8$ findet sich nicht wie er in vulkanischen Gesteinen, dagegen ist der Jadeit wesentlich so zusammengesetzt, der als scheinbar dichtes mikrokrystallisches Gestein in prähistorischer Zeit dieselbe Verwendung fand wie der Nephrit, diesem im Aussehen auch ähnlich ist und zu Steinbeilen verarbeitet wie jener gefunden wird, so z. B. in Schweizer Pfahlbauten und in celtischen Gräbern im nördlichen Frankreich. Derselbe stammt aus Central-Asien, namentlich aus China.

20. Der Sodalith, welcher sich wie der Leucit in vulkanischen Gesteinen, so in trachytischen Auswürflingen am Vesuv und am Laacher See, aber auch in älteren, wie im Miascit des Ilmengebirges, in Syenit bei Brevig in Norwegen, im Ditroit bei Ditro in Siebenbürgen, im Granit von Litchfield in Maine in Nord-Amerika, in diesen mehr krystallinisch-körnig, in jenen auch krystallisirt findet. Er ist durch seine Zusammensetzung ausgezeichnet, indem er auf 3 Molecule des Natronthonerde-Silicates $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4$ zwei Molecule NaCl enthält, in Procenten 19,2 Natron, 31,6 Thonerde, 37,2 Kieselsäure, 4,7 Natrium und 7,3 Chlor. Er krystallisirt tesseral, die eingewachsenen und in Drusen oder auf Klüften aufgewachsenen Krystalle sind meist klein, bilden das Rhombendodekaeder und Combinationen desselben mit dem Hexaeder, selten mit anderen Gestalten, ausserdem bildet er Krystallkörner, körnige Aggregate bis individualisirte Massen, ist mehr oder weniger deutlich spaltbar parallel ∞O, hat muschligen, unebenen oder splittrigen Bruch. Er ist farblos bis weiss, grau, grünlichweiss bis grün gelblichweiss, grünlichgrau, selbst sapphir- bis lasurblau, auf Krystallflächen glasglänzend, auf den Bruchflächen wachsglänzend, durchscheinend, hat H. = 5,5 und spec. Gew. = 2,13—2,3. V. d. L. schmilzt er mehr oder weniger schwer, z. Th. ruhig oder mit Aufblähen zu farblosem Glase und wird in Salz- oder Salpetersäure leicht zersetzt, Kieselgallerte abscheidend.

21. Der Nosean, krystallisirt auch tesseral; die meist ein-, auch aufgewachsenen Krystalle sind gewöhnlich Rhombendodekaeder, ausserdem bildet er Körner und körnige Aggregate, ist auch deutlich parallel ∞O spaltbar, hat muschligen Bruch, ist graulichweiss bis grau, selten rein weiss, gelblichgrau, graulichblau, grün, selbst schwarz, bisweilen im Inneren anders gefärbt als aussen,

hat glasartigen Wachsglanz, ist mehr oder weniger durchscheinend, hat H. = 5,5 und spec. Gew. = 2,27—2,4. In der Zusammensetzung ist er dem Sodalith inso fern verwandt, als er auch wesentlich das Natronthonerde-Silicat $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4$ darstellt, dagegen auf 3 Molecule desselben ein Molecul $Na_2O \cdot SO_3$ enthält, wonach die Berechnung 24,95 Natron, 30,68 Thonerde, 36,22 Kieselsäure, 8,15 Schwefelsäure ergiebt. Ausserdem finden sich geringe Mengen von Kalkerde, Kali, Wasser, selbst Chlor, vielleicht in Folge von beginnender Zersetzung und Beimengungen von Sodalith- und Hauyn-Substanz. V. d. L. schmilzt er, sich entfärbend zu trübem blasigem Glase, zeigt in der Reductionsflamme behandelt die Reaction auf Schwefel und ist in Säuren löslich, Kieselgallerte abscheidend. Er findet sich in vulkanischen Gesteinen, wie trachytischen und phonolithischen, namentlich in letzteren.

22. Der Hauyn, krystallisirt auch tesseral und zeigt meist die Gestalt ∞O, diese combinirt mit O, selten O allein (am sogen. Berzelin aus dem Peperin des Albaner Gebirges bei Rom) auch untergeordnet $\infty O \infty$, $2O2$ und $\infty O2$, bildet oft Contact- und Penetrationszwillinge nach O, ist mehr oder weniger vollkommen spaltbar parallel ∞O; ausser krystallisirt findet er sich, Körner bis körnige Aggregate bildend. Er ist selten farblos bis weiss (Berzelin), meist lasur- bis himmelblau, bläulichgrün, bisweilen schwarz oder roth, hat Glas- bis Wachsglanz, ist halbdurchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,4—2,5. In der Zusammensetzung ist er dem Sodalith und Nosean verwandt, dasselbe Natronthonerde-Silicat $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4$ als Hauptbestandtheil enthaltend, nebenbei noch $CaO \cdot SO_3$. Das ursprüngliche Verhältniss ist jedoch nicht genau festgestellt, zumal der Gehalt an Kalkerde meist grösser ist, als die Schwefelsäure ihn erfordert und derselbe auch gegenüber dem Natrongehalt mit Einschluss von stellvertretendem Kali schwankend ist. — V. d. L. schmilzt er, sich entfärbend und bisweilen decripitirend schwierig zu blasigem Glase, giebt, auf Kohle in der Reductionsflamme behandelt, Schwefelreaction, und ist in Salzsäure löslich, Kieselgallerte abscheidend. Das Vorkommen ist ähnlich dem des Nosean.

An diese drei verwandten Species schliesst sich der früher zur Bereitung des Ultramarin benutzte Lasurstein an, welcher schon seit alter Zeit und auch jetzt noch wegen seiner schönen blauen Farbe vielfach als Schmuckstein benutzt wurde und wird. Er enthält auch wesentlich als Hauptbestandtheil das in jenen enthaltene Natronthonerde-Silicat, wozu auch etwas Kalkerde, Eisenoxyd und Schwefel kommt. Die natürlichen Vorkommnisse sind jedoch selten rein, wesshalb es von Interesse ist, anzuführen, dass der fabrikmässig dargestellte Ultramarin nach einer Reihe von Analysen Böckmann's (Journ. f. prakt. Chemie 84, 369) der Produkte einer Fabrik auf 6 Molecule des Silicates $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4$ ein Molecul Na_2S_5 enthält, durch welches Natriumsulfid auch in dem Minerale die blaue Farbe erzeugt wird, nur dass in ihm weniger Sulfid enthalten ist. Als Mineral findet sich der Lasurstein gewöhnlich krystallinisch kleinkörnig bis scheinbar dicht, derb und eingesprengt, mit körnigem Kalk verwachsen und meist Pyrit eingesprengt enthaltend. Sehr selten fand man Krystalle, ∞O und $\infty O \cdot \infty O \infty$ (wie in der Bucharei und am Baikalsee, sowie in älteren Auswürflingen des Vesuv) und er ist unvollkommen spaltbar parallel ∞O. Er ist hell- bis dunkellasurblau, wenig glänzend, kantendurchscheinend bis undurchsichtig, hat H. = 5,5 und spec. Gew. = 2,38 = 2,42. V. d. L. entfärbt er sich und schmilzt zu weissem blasigen Glase, ist in Salzsäure löslich, schwach Schwefelwasserstoffgas entwickelnd und Kieselgallerte abscheidend. Ausser in der Bucharei und am Baikalsee findet er

sich in der Tartarei, in China, Thibet, in der Cordillere von Ovalle in Chile, am Monte Somma und im Albaner Gebirge in Italien.

23. Der Nephelin mit Einschluss des Eläolith oder Fettstein. Dieses zwei Varietäten bildende Mineral, welche früher als Species getrennt wurden, schliesst sich den im Vorangehendem beschriebenen Mineralen an, krystallisirt aber hexagonal. Die Krystalle, in vulkanischen Gesteinen eingewachsen oder in drusigen Bildungen solcher aufgewachsen, sind gewöhnlich kurz- bis langprismatisch und zeigen die Combination des normalen hexagonalen Prisma ∞P mit den Basisflächen oP, wozu auch das diagonale Prisma und die als Grundgestalt gewählte hexagonale Pyramide P tritt, die Combinationskanten von ∞P mit oP abstumpfend. Die Endkantenwinkel von P sind nach N. v. KOKSCHAROW = $139°17'$, die Seitenkanten $= 88° 11'$, daher der Neigungswinkel zu $oP = 135° 54\frac{1}{2}'$, zu $\infty P = 134° 5\frac{1}{2}'$. Andere Gestalten in Combination mit jenen sind selten, wie andere spitzere und stumpfere normale Pyramiden, die diagonale Pyramide $2P2$ und das Prisma $\infty P\frac{3}{2}$. Ausser krystallisirt findet er sich derb, individualisirte Massen und grosskörnige Aggregate bildend bis eingesprengt. Er ist unvollkommen spaltbar parallel den Basisflächen und dem Prisma ∞P, der Bruch ist muschlig bis uneben. Er ist farblos bis weiss und gelblichgrau, röthlichgrau bis fleischroth, grünlichgrau bis berg- und lauchgrün, grünlichblau, gelblichweiss bis gelblichbraun, glasglänzend auf Krystallflächen, wachsglänzend auf den Bruchflächen, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H.=5,5 — 6,0 und spec. Gew. = 2,55 — 2,65.

In der Zusammensetzung steht der Nephelin dem Hauyn, Nosean und Sodalith nahe, insofern er wesentlich das in jenen enthaltene Natronthonerde-Silicat darstellt, immer aber das Natron theilweise durch Kali ersetzt ist, nahezu im Verhältniss von $4Na_2O$ auf $1K_2O$, wonach er $17\frac{5}{8}$ Natron, 6,5 Kali, 35 Thonerde und 41,5 Kieselsäure enthält. Oft enthält er auch weniger Kali und geringe Mengen von Kalkerde, selbst etwas Wasser, die Kalkerde, wie es scheint in Folge von Beimengung und das Wasser in Folge von Zersetzung. V. d. L. schmilzt er schwierig (Nephelin) bis ziemlich leicht (Eläolith) zu trübem blasigen Glase und wird in Salzsäure vollständig zersetzt, Kieselgallerte abscheidend. Die frühere Unterscheidung in zwei Arten beruhte wesentlich darauf, dass die in jüngeren Silicatgesteinen, wie Dolerit, Phonolith, Basalt u. a. vorkommenden farblosen, weissen bis grauen Krystalle mehr den Glasglanz und grössere Durchscheinheit bis Durchsichtigkeit zeigen und v. d. L. schwieriger schmelzen, wie z. B. die Vorkommnisse vom Vesuv, am Capo di Bove bei Rom, von Meiches in Hessen, vom Katzenbuckel im Odenwald, vom Löbauer Berg in Sachsen. Die in älteren Silicatgesteinen, wie im Miascit des Ilmengebirges bei Miask am Ural, im Zirkonsyenit des südlichen Norwegens (bei Fredriksvärn, Laurvig und Brevig), im Ditroit von Ditro in Siebenbürgen vorkommenden, meist derb bis eingesprengt, individualisirte Massen und grosskörnige Parthien bildenden sind meist unrein gefärbt, wenig durchscheinend und wachsartig glänzend, wesshalb sie Fettstein oder Eläolith genannt wurden.

Unentschieden ist noch das Verhältniss der beiden vesuvischen Minerale Mikrosommit und Davyn zum Nephelin, dem sie als wesentliches Silicat $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4$ in Form und sonstigen Eigenschaften gleichen. Es liess nämlich der Mikrosommit einen erheblichen Gehalt an Chlor, der Davyn an $CaO \cdot CO_2$ finden. Hierdurch erinnert der letztere an den hexagonalen Cancrinit von Miask am Ural, Litchfield in Maine, Ditro in Siebenbürgen u. a. O., in welchem neben dem Silicat noch CaO, CO_2 und selbst H_2O gefunden wurde, wesshalb ihn G. ROSE vom Nephelin trennte.

Silurisches System

von

Dr. Friedr. Rolle.

Als palaeozoisches System oder palaeozoische Formationsgruppe fasst man das silurische System, das devonische System, das carbonische System oder Steinkohlen-System und das permische System oder die Dyas zusammen.

Als älteste Schicht betrachtet man die in ihren Fossilien schon ein reichliches mannigfaltiges Meeresthierleben verkündende Primordial-Zone oder die untere Region des unteren Silursystems, die aber ihrerseits sich noch nicht befriedigend von dem darunter liegenden cambrischen System unterscheiden lässt, so dass man auch letzteres noch dem palaeozoischen System zuzählen könnte. Die obere Grenze ist, so weit wie Kupferschiefer und Zechstein vom Buntsandstein überlagert werden, scharf gezeichnet, an anderen Orten aber unsicher oder gar nicht zu ermitteln; so z. B. in dem durch eigenthümliche Reptilienarten ausgezeichneten rothen Sandstein von Süd-Afrika.

Die palaeozoische Formationsgruppe überhaupt begreift eine sehr mächtige Schichtenfolge von Sandsteinen, Sandschiefer oder Grauwacke, Thonschiefer, Conglomerat, ferner Kalkstein oder Dolomit. Darin erscheinen hie und da auch Einlagerungen von Anthracit oder von Steinkohle, die namentlich im Steinkohlensystem häufig und in ansehnlicher Mächtigkeit aufgespeichert erscheinen.

In allen diesen Gesteinen — seltener oder häufiger, je nach den örtlichen Bedingungen — erscheint eine reichliche Flora und Fauna erhalten und zwar letztere bereits schon in der Primordialzone. Es sind — abgesehen von den spärlichen Resten im cambrischen System — die ältesten deutlichen Documente der Lebewelt.

Die vier besonderen Abtheilungen des palaeozoischen Systems lassen sich in den meisten Theilen der Erde wohl charakterisirt wiedererkennen und gewöhnlich auch an ihren Grenzen ziemlich bestimmt von einander scheiden. Doch ist dies nicht durchgängig der Fall, wie denn z. B. in Nord-Amerika der Kohlenkalk unmerklich in den Zechstein übergeht, also hier keine scharfe Grenze zwischen Steinkohlensystem und permischem System vorliegt.

Die vier Abtheilungen des palaeozoischen Systems zeichnen sich durch das stufenweise reichlichere Auftreten der Pflanzen- und Thierwelt überhaupt und das gleichzeitige stufenweise Hervortauchen des Land- und Luftlebens in ausgeprägter Weise aus und verkünden damit eine allmähliche, aber in dem uns erhaltenen geologischen Archiv hie und da unterbrochen erscheinende Entwicklung.

Das silurische System, in dessen unterster Region, der sogen. Primordialzone, bereits eine reichliche Thierbevölkerung des Meeres auftritt, ist eine vorwiegende Meeresbildung, es enthält tausende von Meeresthieren, hat aber bis zum Jahre 1884 noch keine einzige Art von Landthieren geliefert — was übrigens nicht ausschliesst, dass deren später noch eine grössere Anzahl darin gefunden werden.

In der That gab es auch in der Silurischen Epoche schon ein Festland mit einer vielleicht formenreich entwickelten Pflanzen- und Thierwelt, von der aber wenig oder gar nichts auf unsere Tage sich erhalten hat. Wir kennen Landpflanzen und zwar Gefäss-Cryptogamen *(Lepidodendron)* aus der Oberregion

des silurischen Systems und sie werden nicht die einzigen damaligen Landbewohner gewesen sein. Im Jahre 1884 fand sich in der oberen Region des silurischen Systems der erste Rest eines Landthieres und dies war ein typisch ausgebildeter Scorpion.

Das devonische System zeigt den gleichen Reichthum an Meeresfossilien wie das silurische. Aber hier erscheint auch stellenweise die Landflora schon in zahlreichen Funden vertreten. Reste von Landthieren sind noch nicht aus diesem Horizont bekannt, können aber darin gelegentlich auch noch auftauchen.

Das Steinkohlensystem ist ausgezeichnet durch mächtige Ablagerungen von Resten der Land- und Süsswasserflora, die hier die üppigste Fülle erreicht und mit der Sumpfvegetation der heutigen Tropenflora manche Aehnlichkeit zeigt. Zahlreiche Kohlenflötze verkünden die damalige Massenhaftigkeit der festländischen Morastvegetation. Zugleich ist das Steinkohlensystem ausgezeichnet durch das erste Auftreten von molchartigen Landamphibien (*Dendrerpeton* und Verwandte) und von Landinsekten z. B. Schaben und Scorpionen.

Das permische System mit dem Rothliegenden und Zechstein lässt erkennen, dass der bezeichnete Charakter der palaeozoischen Flora und Fauna im Schwinden ist. Die Ueppigkeit der Sumpfflora hat sich vermindert, die alten Formen der Flora und Fauna treten sowohl im Meer als auf dem Festland zurück, ohne dass dem entsprechend ein gleicher Reichthum jüngerer Formen eintritt. Der allgemeine Charakter der permischen Flora und Fauna ist daher eine gewisse Armuth. Eine wesentliche Ursache dieser Erscheinung ist zwar offenbar darin zu suchen, dass wir nicht alle Gestaltungen der damaligen Bodenbildung kennen, z. B. Hochseeablagerungen nur dürftig, festländische Sumpfablagerungen wenigstens nicht so vollständig wie aus der Steinkohlenepoche. Gleichwohl ist der Gegensatz zwischen dem permischen System und dem darauf folgenden Triassystem immer noch so beträchtlich, dass man mit genügendem Grund ersteres allgemein als oberste Etage des palaeozoischen Systems annimmt.

Mit diesem Abschluss des palaeozoischen Systems — oberhalb des Zechsteines — ist unter mannigfaltiger Entfaltung der Arten, Gattungen und Familien — die Entwicklung der Pflanzenwelt bis zur Organisationshöhe der Gefässcryptogamen, Coniferen, auch wohl schon der Cycadeen und vielleicht der Monocotyledonen, vorgerückt. Im Thierreich stellen mit Schluss des permischen Systems landbewohnende Insecten, Amphibien und Reptilien die höchsten Organisationsformen dar.

Das Meer bevölkern um diese Zeit neben zahllosen Formen wirbelloser Thiere Schmelzfische oder Ganoiden, Haie und Rochen. In den Morästen des Festlandes treiben sich molchartige, zum Theil an Eidechsen und Krokodile erinnernde Amphibien — Ganocephalen und Labyrinthodonten — umher und in der Oberregion des permischen Systems fallen auch die ersten Nachweise echter Reptilien (*Protorosaurus* und Verwandte).

Das Alles ergiebt vom unteren silurischen System (oder der Primordialzone) an bis zum Schluss des permischen Systems (Kupferschiefer und Zechstein) einen mächtigen Fortschritt in der höheren Entwicklung der Lebewelt, der sowohl in der Meeresbevölkerung, als auch — und in noch höherem Grade — in der Bevölkerung von Festland und Süsswasser eingetreten ist. Am wenigsten äussert er sich in der Meeresflora. Die wichtigsten höheren Ordnungen der Pflanzen- und Thierwelt fehlen noch, namentlich Dicotyledonen, Knochenfische, Vögel, Säugethiere.

Wir können nach dieser die vier palaeozoischen Systeme im Allgemeinen erörternden Einleitung auf das silurische System im Einzelnen eingehen. Es hat seinen Namen von den Siluren, einem Stamm der alten Britannier, in dessen ehemaligen Wohnsitzen im westlichen England dasselbe sich gut entwickelt zeigt.

Das silurische System begreift eine bis zu 6000 Meter Mächtigkeit erlangende Schichtenfolge von vorherrschend thonigen und sandigen Absätzen, namentlich Sandsteinen, Sandschiefern und Thonschiefern. Dazwischen treten mehr oder minder untergeordnet auch kalkige Gesteine, wie Kalksteine, Dolomit und Mergel auf. Dazu kommen ferner untergeordnete Conglomerate, Alaunschiefer und Anthracit-Flötze.

Mit diesen Gesteinen in bald wenig vorgeschrittener Umwandlung, bald auch mit höheren Graden der Krystallinität, erscheinen die silurischen Ablagerungen in allen grösseren Festlandgebieten des heutigen Tages blossgelegt und durch wesentlich dieselbe Fossilfauna bezeichnet. Sie ruhen auf Gesteinen des archäischen Systems und oft scheidet sie von diesen eine Ungleichförmigkeit der Lagerung, welche erweist, dass grössere und ausgedehntere geologische Ereignisse auf die Grenze fallen, die wir zwischen archäischem und silurischem System ziehen. Darüber folgen die Ablagerungen des devonischen Systems, sie liegen oft in gleichförmiger Schichtung über denen des silurischen Zeitalters und von manchen Schichten in der Grenzregion ist man in Zweifel, ob sie besser dem oberen silurischen oder dem unteren devonischen System zuzuweisen sind. Im Allgemeinen scheint es, dass der Beginn des silurischen Zeitalters mehr, der Schluss desselben minder mit ausgedehnten Veränderungen in der Gestalt von Meer und Festland zusammenhängt.

Die organischen Einschlüsse der Silur-Formation begreifen fast ausschliesslich nur Meeresbewohner.

Von Pflanzen kennt man fast nur Meeresalgen oder Fucoiden. Aber die erhaltenen Reste derselben und die reichliche Entwicklung des auf Pflanzennahrung angewiesenen Thierlebens erweist, dass damals das Meer eine sehr grossartige Vegetation von mancherlei Algenformen beherbergte.

Die Thierwelt umfasst zahlreiche Ordnungen der Meeresfauna. Wir kennen aus den silurischen Ablagerungen mehr oder weniger zahlreiche Reste von Spongien, Corallen, Graptolithen, Crinoideen und andere Echinodermen. In fast allen ihren Ordnungen (Brachiopoden, Acephalen, Pteropoden, Heteropoden, Gasteropoden und Cephalopoden) und oft in sehr zahlreichen Formen und grosser Zahl der Individuen sind die Mollusken vertreten. Die gegliederten Thiere erscheinen in Gestalt von Anneliden oder röhrenbewohnenden Würmern, Trilobiten und anderen Phyllopoden, sowie auch Entomostraken mit Gangfüssen. Die Fische fehlen noch unter den Fossilien der unteren Silurformation und erscheinen erst in der Oberregion dieses Gebietes sowohl mit Haien als mit Ganoiden oder schmelzschuppigen Fischen, zusammen etwa 66 Arten.

Das ist die Meeresflora und Meeresfauna des silurischen Zeitalters. Wir kennen zur Zeit aus demselben nur eine Spur von Land- und Süsswasserthieren, nämlich ein einziges Exemplar eines Scorpions aus der oberen Region und erst spärliche Reste einer Landflora, die vielleicht viel formenreicher war und auch eine zahlreiche Landfauna, deren meiste Reste uns nicht erhalten wurden, vermuthen lässt.

Aus den erhaltenen Fossilresten geht also hervor, dass die silurische Erd-

oberfläche überhaupt schon im Meer und Festland geschieden war und das Meer tiefere und seichtere Gebiete enthielt. Das Nähere lässt sich nur muthmaassen. Herrschend ist die Hypothese, dass in der silurischen Epoche das Festland gering und niedrig, das Meer aber meistens seicht war. Aber vielleicht ist ein Theil des heutigen Tief-Oceans von jeher Meerestiefe gewesen. Wir sind ausser Stande, den Schleier zu heben.

Alle uns bekannten silurischen Schichtenfolgen stellen meerische Ablagerungen dar. Besondere Gestaltungen der Meeresconfiguration mit besonderer Meeresbevölkerung — verschiedener Facies der Ortsbedingungen — sind in den silurischen Schichten schon offenbar.

Man kennt im oberen Silursystem riffbildende Korallen, welche ähnlich wie die Korallen unserer heutigen wärmeren Meere ausgedehnte Riffe aufbauten, begleitet von zahlreichen Crinoideen und Brachiopoden. Sie stellen vorzugsweise die rein meerische Facies dar, Meeresregionen entfernt von schichtenbildender Zufuhr der Flüsse des Festlandes und von einer mässigen Tiefe — vielleicht 30—40 oder 50 Meter.

Andere Ablagerungen sind reich an Gehäusen schwimmender Mollusken, besonders Pteropoden und Cephalopoden, sie geben uns Nachricht von der Bevölkerung des offenen tieferen Meeres, ihre Mollusken können aber auch an seichtere Strandregionen verschwemmt worden sein.

Schieferthone mit Graptolithen scheinen Absätze aus seichteren Meeresgebieten zu sein, deren Boden ein zarter feiner Thonschlamm war.

Ueber die örtlichen Bedingungen im silurischen Meere, die Bevölkerungen der besonderen Meeresbecken, die fortschreitende Entwicklung der Meeresthiere nach Arten, Familien und Ordnungen, endlich die Aus- und Einwanderung der neu entstandenen Lebensformen in neue Verbreitungsgebiete, über das alles liegen im Bereich der silurischen Formation noch zahlreiche und spannende Räthsel vor, deren Lösung um so schwieriger wird, als alle Faktoren der Entzifferung selbst noch mehr oder minder im Nebel der Urwelt eingehüllt erscheinen.

J. Barrande, der gründlichste Kenner des Silursystems, hat 1872 hervorgehoben, dass für das Erscheinen der Thierordnungen in reichlicher Artenzahl während des Verlaufs der silurischen Ablagerungen mehrere auffallende Erscheinungen zu bemerken sind, die, wenn man sie zu erklären versucht, auf ein plötzliches massenhaftes Hereintreten einer neuen Ordnung oder Klasse aus ihrem älteren Herde deuten, der zugleich einer anderen Meerestiefe angehört haben kann.

Erstens ist merkwürdig das Fehlen der Trilobiten in der cambrischen Fauna. In der Primordial-Fauna kennt man schon 254 Arten, in der zweiten und dritten Silur-Fauna zusammen 1327 Arten. Sie erscheinen plötzlich wie aus einer unbekannten Heimath nach den Stellen ausgewandert, an denen wir ihre Fossilreste jetzt finden.

Zweitens ist ebenso merkwürdig das Fehlen der Cephalopoden in der cambrischen und in der primordialen Fauna. In der zweiten und dritten Silurfauna aber erscheinen die Cephalopoden mit 1622 Arten. Sie erscheinen hier wieder plötzlich wie aus einem mehr oder minder neuen vordem abgeschlossenen Herd der Entwicklung hervorgekommen.

Ganz ebenso merkwürdig ist drittens das Fehlen der Fische in der cambrischen, der primordialen und der zweiten silurischen Fauna. Sie erscheinen erst — mit dem Lower-Ludlow-Horizont — in der Mittelregion der dritten Silur-

fauna und lieferten bis jetzt von da bis zum Abschluss des silurischen Systems 66 oder 67 Arten und zwar aus verhältnissmässig vielen Gattungen der Selachier, der gepanzerten Ganoiden und der Holoptychier. Sie erscheinen wieder plötzlich und fast gleichzeitig in England, Russland, Böhmen u. a. Orten — wie eine Fluth von Einwanderern aus einer uns unbekannten Heimathstätte der Entwicklung.

Alle diese Räthsel lösen zu wollen, kann hier nicht unsere Aufgabe sein. Es genügt die Andeutung, dass der Wechsel von Hebungen und Senkungen des silurischen Meeresgrundes und die Eröffnung von Verbindungen zwischen lange Zeit getrennt gewesenen Meeresgebieten einen wesentlichen Antheil am plötzlichen Hervortreten einer Einwanderung neuer Thierformen an Stellen, denen sie zuvor abgingen, gehabt haben können. Die Cephalopoden können schwimmende Hochseethiere — wie die heute noch lebenden Nautilen und Argonauten es sind — gewesen sein, die als die primordiale Trilobitenfauna in mehr oder minder abgeschlossenen seichteren Meeresbecken lebten, bereits die offene See bewohnten, deren gleichzeitige Ablagerungen uns noch nicht bekannt sind und unter der Decke des heutigen Oceans — oder der jüngeren Formationen des heutigen Festlandes — verborgen liegen und schwerlich je zu unserer Kenntniss gelangen werden.

Das Silursystem — nach unserer Kenntniss seiner Ablagerungen und fossilen Reste — bietet zwar nur Meeresabsätze und fast ausschliesslich nur Reste von Meerespflanzen und Meeresthieren. Es kann aber von allgemeinerem Gesichtspunkte aus kein Zweifel darüber obwalten, dass in demselben Zeitalter schon Festländer und Inseln bestanden, die ihre Landflora und vielleicht auch schon eine reichliche Landfauna besassen.

Eine Landflora ist spärlich documentirt. Man hat im oberen Silur schon Funde von *Lepidodendron*-Resten und diese lassen vermuthen, dass mancherlei andere Landpflanzen schon vorher und gleichzeitig vorhanden waren. Farnen beginnen im unteren silurischen System mit der Gattung *Eopteris* (Dachschiefer von Angers. Vergl. II, pag. 260).

Hier und da z. B. in Schottland, Irland, Portugal erscheinen im Silur-Systeme Flötze von Anthracit, stellenweise selbst in abbauwürdiger Mächtigkeit. Man findet Anthracit namentlich zwischen Graptolithen-Schiefern eingelagert. Andere kohlehaltigen Schichten des Silur-Systems stellen Alaunschiefer dar. Diese silurischen Kohlenlager und kohlehaltigen Gesteine mögen zum Theil, wenn nicht ganz, von reichlicher Vegetation von Meerestangen oder Fucoiden herrühren, die sich auf dem Boden seichter ruhiger Buchten oder Lagunen ablagerten. Unsere Kenntniss dieser Vorkommnisse reicht nicht so weit, um den Antheil zu ermessen, den Meerestange, nackte Meeresthiere und Landvegetation an ihrer Bildung hatte.

Die silurische Formation zerfällt in den Ländern, in denen sie in reichlicher Schichtenfolge entwickelt ist — nach Gesteinen und organischen Einschlüssen in eine Reihe von besonderen Schichtengruppen mit mehr oder minder specificirten Zonen oder Horizonten. Diese stimmen in den verschiedenen Ländern aber nur annähernd zusammen. So kann man die Zonen-Folge in England und die in Scandinavien ziemlich genau unter sich, aber beide mit der in Böhmen, Thüringen u. s. w. nur beiläufig in Parallele bringen. Beide Hauptgebiete standen also unter Einfluss verschiedener physischer Bedingungen, waren auch vielleicht durch Festland getrennt.

Man theilt darnach für allgemeinere Uebersicht das Silur-System nur in zwei

grosse Abtheilungen, das Untersilur — mit BARRANDE's Primordialfauna oder erster Silurfauna und der zweiten — und das Obersilur mit der dritten Silurfauna.

Die ersten einigermaassen reichlichen und mannigfaltigen Fossilreste — nach den dürftigen und meist räthselhaften Funden im cambrischen System — die ersten positiven Anhaltspunkte zur genaueren Ermittelung des Anfangs des organischen Lebens auf Erden ergeben sich mit der zuerst von JOACHIM BARRANDE genauer erörterten und jetzt verhältnissmässig sehr wohl bekannten Primordialflora und Primordialfauna. Es gehören dahin die im untersten Niveau des unteren Silur auftretenden Schichten von Ginetz und Skrey in Böhmen mit vorwiegender Trilobitenfauna (Etage C von BARRANDE mit *Paradoxides bohemicus*, *Conocephalites*, *Ellipsocephalus*, *Sao hirsuta* u. s. w.), ferner der Potsdam-Sandstein von New-York mit Trilobiten (*Paradoxides*, *Agnostus* u. s. w.) und mit Brachiopoden (*Lingula*, *Obolus* u. s. w.), dann die *Lingula-Flags* von England (mit *Lingula*, *Olenus* und *Hymenocaris*).

BARRANDE zählte 1872 aus der Primordialzone aller bekannten Fundstätten zusammen 366 Arten von Fossilien. Es sind darunter einige Seeschwämme, ferner Bryozoen, zahlreiche Mollusken — namentlich Brachiopoden mit 55 Arten, — Pteropoden, Heteropoden und Gasteropoden, ferner ein paar Echinodermen, einige Anneliden und ziemlich viele Crustaceen, namentlich Phyllopoden und Ostrakoden. Im Vordergrund von allen diesen Meeresthier-Formen stehen die zu den Phyllopoden gerechneten Trilobiten mit 352 Arten. Hierbei sind die allerdings spärlichen und meist schwer zu deutenden Reste der Meeresflora (Fucoiden) noch nicht mitgerechnet. E. SUESS (1863) veranschlagt die Meerestiefe, in der diese primordiale Fauna lebte (nach der Analogie mit den heute noch lebenden Brachiopoden-Gattungen *Lingula* und *Discina*, die hier schon anheben) auf etwa 18 Faden oder 32,9 Meter (101 Par. Fuss).

Die obere Abtheilung des unteren Silur begreift thonige, sandige und kalkige Ablagerungen mit reicher Meeresfauna, in der viele neue der primordialen Fauna noch abgehende Formen hervortreten. Ein besonders ausgezeichnetes Glied dieser Reihe ist der an grossen Orthoceratiten reiche Vaginatenkalk in den russischen Ostsee-Provinzen. Ueberhaupt treten in dieser Region zuerst und alsbald sehr reichlich die Cephalopoden auf. Dies ist BARRANDE's zweite Silurfauna.

Den organischen Einschlüssen nach ist das untere Silur-System überhaupt am meisten bezeichnet durch das reichliche Vorwiegen der Trilobiten. Nur untersilurisch sind die wichtigen Gattungen *Paradoxides*, *Olenus*, *Trinucleus*, *Conocephalites*, *Agnostus*. Auch diese sind zum Theil nur an der untersten Zone des unteren Silur oder in der Primordialzone verbreitet. In das untere Silur fällt auch die Hauptentwicklung der Graptolithen, ebenso die der Cystideen, wogegen die echten Crinoideen erst spärlich hier auftreten. Die Mollusken sind im unteren Silur schon in allen Hauptordnungen vertreten. Unter den Brachiopoden fällt die Häufigkeit von *Lingula* auf. *Obolus* ist nur untersilurisch bekannt. Sehr häufig sind auch schon *Orthis*, *Leptaena*, *Strophomena*.

Für die obere Abtheilung des Unter-Silur ist, wie schon bemerkt, das plötzliche reiche Auftreten der Cephalopoden, namentlich aber der Orthoceren bezeichnend. Die *Orthoceras*-Arten oder Orthoceren mit perlschnurförmig gegliedertem und aufgeblähtem Sipho sind nur aus dieser Zone bekannt. Dasselbe gilt für die Lituiten.

Das obere Silur-System zeigt ebenfalls fast nur Reste von Meeresbewohnern

und eine wachsende Zunahme der Fauna in Familien und Ordnungen, während manche ältere Gattungen hier. bereits schon vom Schauplatz abgetreten sind, andere einstweilen abnehmen. Neue Arten und Gattungen treten in der Regel für die erlöschenden ein. Wenige Arten sind gemeinsam. Unter den Trilobiten sind viele Gattungen, die im unteren Silur eine hervortretende Rolle spielten, im oberen bereits verschwunden. Für sie treten neue ein, namentlich zeichnen sich hier die Gattungen *Calymene*, *Phacops*, *Homalonotus* und *Bronteus* durch Artenreichthum aus. Unter den Echinodermen zeigen die Cystideen sich vermindert und dafür erscheinen die echten Crinoideen an Gattungen und Arten beträchtlich angewachsen, oft auch in grosser Menge der Individuen fossil erhalten. Ihnen gesellen sich die ersten Blastoideen bei. Die Graptolithen leben noch fort. Riffbildende Anthozoen wie *Favosites*, *Halysites* u. s. w. erzeugen hier und da beträchtliche Korallenbauten. Berühmt sind namentlich die von LINNÉ schon studirten obersilurischen Korallenriffe der Insel Gothland. Die Meeresmollusken erhalten sich in reicher Fülle. Namentlich tritt die Brachiopoden-Gattung *Spirifer* hier in vielen Arten auf. Im oberen Silur — und zwar in der mittleren Region, dem lower Ludlow rock der Engländer und den gleichzeitigen Aequivalenten — erscheinen auch zum ersten Male sowie in den darüber folgenden Schichten die Fische und zwar in Verwandten der heutigen Haie (z. B. *Onchus*) und in gepanzerten Ganoiden (z. B. *Pteraspis*).

Nach dieser Erörterung der allgemeinen Charaktere des silurischen Systems betrachten wir die in demselben vertretenen Ordnungen der Pflanzen- und Thierwelt.

Die Flora des silurischen Systems beschränkt sich fast ganz auf Meeresalgen oder Tange. Ihr Erhaltungszustand ist oft sehr mangelhaft und ihre nähere Bestimmung überhaupt schwierig und unsicher. Aber in einzelnen Schichtenzonen erscheinen sie in ungeheurer Individuenzahl abgelagert, z. B. in manchen Alaunschiefern. Wahrscheinlich rühren von ihrer massenhaften Anhäufung auch die meisten, wenn nicht alle Anthracit-Lager des silurischen Systems her. *Chondrites antiquus* STERNB. ist häufig in den silurischen Schiefern von Scandinavien, Böhmen, Britannien. Offenbar hat eine reichliche Tang-Vegetation in den ältesten Meeren schon bestanden, von welcher sich nur die wenigsten mit einigermaassen festem Parenchym ausgestatteten Arten fossil erhielten und auch diese meist nur in schwer zu diagnosirenden Resten.

Die ältesten bekannten Vertreter der Festlandflora sind ein Farn *Eopteris* aus dem untersilurischen Dachschiefer von Angers und ein *Lepidodendron* aus der oberen silurischen Region, also Gefässcryptogamen, deren Nachweis auf die gleichzeitige Existenz einer schon sehr formenreichen Land- und Süsswasser-Flora schliessen lässt. Ihren Anfang mögen Süsswasseralgen und Luftalgen, Moose und Lebermoose gebildet haben, deren Reste wir in fossiler Erhaltung noch nicht kennen und die auch in Folge von zartem parenchymatösem Bau vielleicht zu fossiler Erhaltung wenig oder gar nicht geeignet waren.

Rhizopoden oder Foraminiferen sind wahrscheinlich seit den ältesten Zeiten des organischen Lebens im Meereswasser vertreten gewesen, sind aber in den Gesteinen der älteren Epochen nur unter besonders günstigen Bedingungen erhalten worden. Sie mögen in den Meeren der silurischen Epoche in Menge vorhanden gewesen sein. Doch hat sie erst EHRENBERG 1855 in einem silurischen Grünsand bei Petersburg und Narwa nachgewiesen. Sie sind hier durch Körner vom Glaukonit oder Eisensilicat versteinert und nur in Form von Steinkernen

erhalten. Es sind darunter Helicostegier *(Rotalia)*, Enallostegier *(Textularia, Guttulina)*, Stichostegier *(Vaginulina)*. Auch im Grünsand jüngerer Formationen (z. B. des Jura von Moskau) wies EHRENBERG solche Steinkerne von Rhizopoden nach. (Neuere Palaeontologen bezweifeln EHRENBERG's Angaben vom massenweisen Auftreten der Rhizopoden im Silur-System).

Die Spongien oder Seeschwämme *(Amorphozoa)* erscheinen im silurischen System reichlich — durch sichere, wie durch mehr oder minder problematische Formen — vertreten, schon in der Primordialzone sollen deren vorkommen. Reichlicher und sicherer vertreten sind sie im oberen Silur. Hier finden sich namentlich freie, nicht angewachsene, fast kuglige Stöcke mit strahlig-gefurchtem Scheitel wie *Astylospongia praemorsa* ROEM. (Tennessee in Nord-Amerika, Insel Gothland.) Ferner scheibenförmige Stöcke mit stark entwickelten sechsstrahligen Kalk-Spikeln. Dahin gehört namentlich *Astraeospongia meniscus* ROEM. aus dem oberen Silur von Decatur county in Tennessee.

Die Graptolithen, welche man nach mancherlei Deutungen jetzt als die nächsten Verwandten der heutigen Hydroiden (Quallenpolypen, Hydromedusen) betrachtet, gehören nach ihrer besonderen Häufigkeit in vielen Schiefern, wie auch manchen Kalksteinen des silurischen Systems, aber auch nach ihrer auffallenden und leicht zu erfassenden Körpergestalt zu den wichtigsten Fossilien der silurischen Epoche und erlöschen darnach. Die Hauptentwicklung der Graptolithen fällt noch in das untere Silur, aber auch in der oberen Etage kommen noch bis nahe zur Grenze des devonischen Systems Graptolithen-Schiefer vor. Im devonischen System sind diese seltsamen Fossilformen bereits verschwunden. Sie gelten als Bewohner seichter schlammiger Meerestheile. Entweder sassen sie an der Oberfläche von lockerem Schlammboden oder an zarten Seepflanzen fest.

Die Anthozoen oder Stern-Korallen beginnen mit spärlichen Formen in der zweiten Silur-Fauna, sind aber im oberen Silur-System schon reichlich vertreten und bilden hier bereits ansehnliche Riff-Bauten, ähnlich denen der heutigen Meeresgebiete der tropischen Zone. Besonders zahlreich an Arten und Gattungen sind die *Tetracorallia* mit vierzähligem Septal-Apparat. *(Zoantharia rugosa* MILNE EDW.) Z. B. die Gattungen *Cyathaxonia*, *Omphyma* und *Acervularia*.

Zweifelhafter Stellung im System der Anthozoen ist die im oberen Silur häufige Art *Heliolites interstincta* LINNÉ, die z. B. zu Dudley in England und auf Gothland häufig ist. Die Sternlamellen erscheinen in der Zwölfzahl. Querüber verlaufen horizontale Böden. Eine feine röhrige Ausscheidung (Cönenchym) trennt die Wohnzellen der einzelnen Thiere des Stockes. Neuerdings stellt man diese palaeozoische Form nach ihrer Analogie mit der heute lebenden *Heliopora* zu den achtzähligen Korallen, früher zählte sie zu den Tabulaten. Häufig in den Korallenriffen des oberen Silur sind die Calamoporen *(Calamopora* oder *Favosites)*. Ihre Stöcke bestehen aus dicht zusammengedrängten prismatischen Wohnzellen mit zahlreichen, stark hervortretenden Querböden. Ihr Septalapparat ist nur schwach angedeutet. MILNE EDWARDS gründete auf sie die Abtheilung der *Zoantharia tabulata*. Neuerdings stellt man die Calamoporen oder Favositen zur Familie der Poritiden *(Hexacorallia)*. Dazu kommen in der silurischen Riffcorallenfauna noch zahlreiche Individuen der röhrenförmigen Korallengattungen *Syringopora* und *Halysites* (oder *Catenipora)*. Sie sind auch nur mit mehr oder minder grosser Wahrscheinlichkeit auf das System der heute lebenden Formen zurückzuführen. *Halysites (Catenipora)* zeigt Stöcke von dicht neben einander emporwachsenden langprismatischen, etwas an den Seiten zusammengedrückten Wohnzellen, die mit

den schmäleren Seiten zusammenhängen, so dass auf der Scheitelfläche des Stockes, die Mündungen die Form zusammenhängender Ketten darstellen. Im Inneren zeigen die Wohnzellen zahlreiche horizontale Querböden. *Halysites catenularia* LINNÉ *(Catenipora escharoides* GOLDF.) ist häufig im Ober-Silur von Gothland. *Syringopora* bildet ähnliche Stöcke, aber die Wohnzellen sind drehrund und hängen nur absatzweise durch feine horizontale Verbindungsröhren zusammen. Im Ganzen ist darnach das reichliche Auftreten von Anthozoen mit vierzähligem Septalapparat *(Tetracorallia* vom typus *tetrameralis)* und verschiedener von MILNE EDWARDS früher als Tabulaten zusammengefasster Formen mit mehr oder minder in die Augen fallenden Querböden für das obere Silur-System bezeichnend und dies gilt in ähnlicher Weise auch noch für das devonische System und für den Kohlenkalk.

Die Echinodermen beginnen schon im cambrischen System mit einzelnen noch sehr unsicheren Formen, sind in der Primordialzone etwas reichlicher durch Cystideen vertreten und zeigen in der zweiten und dritten Silur-Fauna eine sehr artenreiche Entfaltung der Asteroideen und der Crinoideen, namentlich aber der letzteren. Die Seesterne oder Asteroideen zeigen sich schon in ziemlich vielen Arten, aber meist nur in vereinzelten Individuen. Bezeichnend ist die Gattung *Protaster*, welche schon die allgemeine Körpergestalt heutiger Asterien zeigt, aber im Bau der Arme den Ophiuren sich anschliesst. Die Crinoideen oder Seelilien sind in der zweiten und dritten Silurfauna sehr zahlreich in Gattungen und Arten vertreten und erscheinen auch oft in grosser Menge der Individuen, sie spielen überhaupt hier in der Meeresfauna eine Hauptrolle. Besonders häufig sind die Gattungen *Cyathocrinus*, *Dimerocrinus*, *Glyptocrinus* u. a. Ihnen gesellen sich schon die ersten Blastoideen bei. Die meist armlosen und theils kurzgestielten, theils ungestielten Cystideen sind sehr zahlreich an Arten und Gattungen in der zweiten und dritten Silurfauna, mit der sie auch schon erlöschen. Die kugligen Kelche von *Echinosphaerites aurantium* WAHL. sind von der Grösse einer Walnuss und erfüllen manche Kalklager in Scandinavien und Russland in zahlreicher Anhäufung (zweite Silurfauna). Den Cystideen schliessen sich die flach ausgebreiteten aufgewachsenen Agelacrineen an, die sich vielleicht nur durch ihre flache Scheibenform von vorigen unterscheiden. Auch die Echiniden oder Seeigel beginnen im Silur-System schon mit vereinzelten Funden von Palechiniden, meistens ausgezeichnet durch die grosse Zahl ihrer Plattenreihen. Ueberhaupt sind die Echinodermen in der zweiten und dritten Silur-Fauna schon in beinahe allen ihren Hauptordnungen vertreten.

Die als Ausgangspunkt der Molluskenklasse betrachteten Bryozoen oder Moosthiere beginnen in der Primordialfauna und erreichen in der zweiten und dritten Silurfauna einen grossen Artenreichthum, sie bieten sonst kein allgemeineres Interesse.

Weit häufiger und wichtiger sind die eigentlichen Mollusken oder Weichthiere des Silursystems. Die Brachiopoden treten im silurischen System in grosser Zahl der Gattungen und Arten, stellenweise auch in sehr grosser Individuenmenge auf. Im cambrischen System kennt man schon *Lingula*-Schalen und in der Primordialzone sind die Brachiopoden bereits ziemlich zahlreich. In der zweiten und der dritten Silurfauna bilden sie schon die Hauptmasse der Mollusken sowohl nach der Zahl der Arten, als noch mehr nach der Menge der Individuen. Sie theilen sich hier mit den Cephalopoden in die Herrschaft, beide Ordnungen bieten im Silur eine auffallende Artenzahl. Eine jede erscheint in

demselben mit mehr als 1600 Arten, aber die Brachiopoden überwiegen auch in der Fülle der Individuenzahl. Alle Brachiopoden haben zwei Klappen von ausgezeichnet symmetrischer Gestalt, aber bei den einen sind die Klappen mittelst Zähne und Zahngruben in einander gelenkt, bei den anderen sind diese Klappen nicht mittelst eines Schlosses eingelenkt, sondern werden nur durch Muskeln zusammengehalten.

Die Brachiopoden ohne Schlossapparat *(Ecardines)* beginnen im Silur schon mit den Gattungen *Discina, Lingula* und *Obolus*. Von diesen reichen *Discina* und *Lingula* durch die ganze Reihe der jüngeren Formationen bis in die Meeresgewässer des heutigen Tages. *Obolus* ist auf das Silursystem beschränkt. *Lingula* mit dünner hornartiger, länglicher, oft zungenförmiger Schale, findet sich in vielen untersilurischen Ablagerungen zahlreich und wohlerhalten. Die ersten Vertreter erscheinen schon im cambrischen System. *Lingula antiqua* HALL ist bezeichnend für den Potsdam-Sandstein (Primordialzone) von New-York. *Obolus Apollinis* EICHW. zeigt eine fast gleichklappige, fast kreisrunde oder etwas in die Quere gezogene hornigkalkige Schale. Die grössere Klappe zeigt eine sogen. falsche Area mit einer Rinne, die den Anheftungsmuskel des Thieres andeutet. Das Thier heftete sich mittelst dieses Muskelfortsatzes gleich wie das heutige Thier der Gattung *Lingula* an feste Gegenstände. *Obolus* ist nur in silurischen Arten bekannt. *O. Apollinis* ist bezeichnend für den sogen. Unguliten-Sandstein-(Primordialzone) der russischen Ostseeprovinzen.

Weit reichlicher sind im silurischen System die mit einem Schlossapparat — Zähnen und Zahngruben — versehenen Kalkschalen der übrigen Brachiopoden. Es erscheinen namentlich Gattungen der Familie der Spiriferiden, aber auch Rhynchonelliden und Strophomeniden.

Atrypa (Spirigerina) reticularis GMEL. ist das häufigste aller silurischen Fossilien. Diese Art lebt auch im devonischen System noch fort, erlischt aber mit Abschluss der devonischen Epoche, ohne in den Kohlenkalk zu reichen. Günstig erhaltene Exemplare zeigen an der Innenseite der kleineren Klappe die vom Wirbel derselben ausgehenden, senkrecht gegen die grössere Klappe gerichteten Spiralen der Mundanhänge (Fühler oder Arme).

Die Gattung *Spirifer* ist eine der artenreichsten des Silursystems. Das Gehäuse ist ungleichklappig, bald mehr kuglig, bald stark in die Quere ausgezogen. die grössere Klappe am Wirbel schnabelartig eingebogen. Gut erhaltene Exemplare der kleineren Klappe zeigen die an den Wirbel befestigten Spiralen, die sich hier von der Mitte aus gegen die Seiten wenden.

Pentamerus aus der Familie der Rhynchonelliden ist eine vorzugsweise im Silursystem artenreich vertretene Gattung, einige Arten kommen auch noch im devonischen System vor. Das Gehäuse ist mehr oder weniger kugelig, glatt oder strahlig gerippt. Die grössere gewölbtere Schale, ausgezeichnet durch einen stark eingekrümmten schnabelartigen Wirbel, zeigt an der Innenseite eine vortretende Scheidewand. Zwei ähnliche Scheidewände gehen in der kleineren Schale vom Wirbel aus. Steinkerne zeigen daher einerseits eine, andererseits zwei tiefe Einfurchungen. Diese Abtheilung in fünf Räume bestimmt den Namen der Gattung *(penta,* fünf und *meros,* Theil). Ein Spiral-Apparat — zur Stütze der sogen. Arme — fehlt bei *Pentamerus* wie in der Familie der Rhynchonellen überhaupt. *P. Knighti* Sow. ist eine vielgenannte Leitspecies der oberen Silurformation. Gehäuse fast kuglig, beide Klappen stark gewölbt, aussen stark radialfaltig. Schnabel der grösseren Klappe gross, vorragend und stark eingekrümmt. Vorkommen in den unteren Ludlow-Schichten von England u. a. O.

Die Acephalen oder eigentlichen Zweischaler, Bivalen, erscheinen in der zweiten und dritten Silurfauna reich an Gattungen und Arten, sie scheinen der primordialen Fauna noch zu fehlen. Ihre Hauptentfaltung fällt in die dritte oder obersilurische Fauna. Unter ihnen herrschen die freien und gleichklappigen Gattungen, namentlich die mit ganzrandigem Manteleindruck *(Integripalliata)*. Die Acephalen bieten zufolge der grösseren Dürftigkeit der Gattungs- und Art-Charaktere (im Vergleich mit den Brachiopoden) hier, wie auch in jüngeren Formationen minderes Interesse. Ausschliesslich silurische Acephalen-Gattungen sind wohl kaum zu präcisiren. Dagegen erwähnen die Autoren schon viele lebend noch vertretenen Genera der Acephalen bereits aus den Meeresgewässern der Silurepoche z. B. *Nucula, Arca, Avicula*. Aber die Frage, ob die silurische Gattung eine noch fortlebende oder erloschene ist, hängt hier an spärlich ausgesprochenen, schwer zu ermittelnden Einzelheiten, deren Abwägung der Meinung vielen Spielraum lässt und oft auf günstigere Funde verschoben werden muss.

Cardiola, der heute lebenden Herzmuschel *Cardium* sehr ähnlich und wohl auch nahe verwandt, gehört zu den wichtigeren Gattungen der Silurepoche. Man kennt etwa ein Dutzend Arten. *Cardiola interrupta* Sow. ist eine der am besten bezeichneten und am weitesten verbreiteten Arten im oberen Silur von England, Böhmen, Thüringen u. a. O. Das herzförmig-kuglige Gehäuse zeigt starke Radialrippen und starke concentrische Einfurchungen. Die Rippen werden von den Furchen unterbrochen. Diese leicht wieder zu erkennende Art erscheint auch noch im devonischen System.

Die Pteropoden oder Flossenfüssler beginnen im cambrischen System, sind in der Primordialzone gut vertreten, noch reicher an Arten in den mittleren und oberen Silurschichten. *Hyolithes (Theca)* hat eine spitzkegelförmige Schale und ist in ziemlich vielen Arten im Silur verbreitet. Hierher rechnet man auch die nicht ganz sicher zu deutende Gattung *Tentaculites*. Die Tentaculiten haben eine meist stark geringelte spitzkegelförmige Schale und bedecken oft in zahllosen Mengen die Schichtungsflächen von silurischen Kalksteinen und Thonschiefern.

Die Heteropoden erscheinen im Silursystem in fast derselben Verbreitung wie die Pteropoden.

Die Gasteropoden oder eigentlichen Schnecken, *Cephalophora*, beginnen in der Primordialzone spärlich und zeigen schon in der zweiten und dritten Silurfauna eine überraschend grosse Artenzahl — nach Barrande über 1300 Arten. Durch viele Arten vertreten erscheinen *Pleurotomaria, Murchisonia, Turbo, Capulus, Natica*. Alle silurischen Gasteropoden zeigen ganzrandigen Mundsaum und gehören darnach unter die *Gasteropoda holostomata*. Canaliferen oder Siphoniferen folgen erst viel später. Ausschliesslich silurisch vertreten ist die merkwürdige Gattung *Maclurea*. Das Gehäuse ist links gewunden, hat umfassende Windungen und eine grosse ganzrandige Mündung. Die Spindel ist vollkommen verdeckt. Das merkwürdigste aber ist ein sehr eigenthümlich gestalteter kegelförmiger Deckel. *Maclurea* ist besonders im Silur von Nord-Amerika stark vertreten, wo 20 Arten aufgezählt werden.

Wir kommen nun zur höchststehenden Ordnung der Mollusken, den Cephalopoden. Sie sind im Silur reichlich vertreten und spielen hier in der Meeresfauna eine ebenso hervorragende Rolle wie die Brachiopoden. Alle silurischen Cephalopoden-Gattungen gehören zur Abtheilung der Nautileen (oder Vierkiemer, *Tetrabranchiata)*, von der in der heutigen Epoche nur noch zwei Arten leben. Die Ammoneen und Dibranchiaten folgen erst in späteren Meeresablagerungen.

Nach BARRANDE (1872) kennt man von Cephalopoden aus dem cambrischen System und aus der Primordialzone noch keine Reste. Aber in der zweiten und dritten Silurfauna erscheinen die Cephalopoden mit der auffallend grossen Zahl von 1622 Arten, zahlreicher selbst als die Brachiopoden.

Von den Gattungen spielt *Orthoceras* mit gerade gestrecktem langkegelförmigem, gekammertem Gehäuse die Hauptrolle und erreicht im Silur schon den Gipfel der Entwicklung. Eine kleine Anzahl von Arten setzen die Gattung noch bis zum triasischen Kalk der Alpen fort, mit welchem sie zum Erlöschen kommt. Auffallend sind im silurischen System vor Allem die riesigen Orthoceratiten in den untersilurischen Kalklagern von Schweden und den russischen Ostseeprovinzen. (Zweite Silurfauna). Es kommen Gehäuse von 1,5 bis 2 Meter Länge vor, die Dicke geht dabei bis zu 0,3 Meter. Wahrscheinlich waren auch diese grossen Arten schwimmende Thiere, gleich den heutigen Nautilen. *Orthoceras* begreift Orthoceratiten, deren Sipho dick, perlschnurartig gegliedert und in der Mittelregion der abgeschlossenen Kammern aufgebläht ist. Er zeigt im aufgeblähten Theile einen eigenthümlich strahlenförmigen Bau. Diese Gattung erscheint nur untersilurisch vertreten, besonders im Trenton-Kalk von New-York.

Lituites ist eine ebenfalls nur im Silursystem vertretene Nautileengattung. Die älteren Windungen sind spiral gerollt und liegen in gleicher Ebene dicht an einander geschlossen. Aber die letzte Windung mit der Wohnkammer des Thieres löst sich von der Spirale ab und streckt sich gerade aus.

Die 5000 oder 6000 Arten von Mollusken, die man bis jetzt allein schon aus den silurischen Meeresablagerungen kennen gelernt hat, alle zu übersehen und nach ihren verwandtschaftlichen Beziehungen abzuwägen, erfordert schon die genauesten Specialstudien und ist überhaupt nur wenigen literarisch sehr günstig gestellten Paläontologen möglich.

Wir gehen zu den gegliederten Thieren des silurischen Systems über. Der Stamm der Gliederthiere, *Articulata* (nach BÄR und CUVIER) zerfällt nach neueren Untersuchungen (E. HÄCKEL) in zwei in der Jetztwelt wesentlich getrennte Stämme, Würmer *(Vermes* oder *Helminthes)* und Gliedfüsser oder *Arthropoda*, letztere durch die weiter gehende Gliederung des Körpers und die deutliche Gliederung der Beine von ersteren verschieden. (Krebse, Insekten, Spinnen).

Die Würmer spielen unter den Fossilien des silurischen Systems eine unerhebliche Rolle, da man wenig mehr von ihnen als Röhren oder kalkige Gehäuse kennt, die über die Organisation des Thieres wenig oder gar keine nähere Auskunft gewähren. Uebrigens kennt man solche Reste bereits aus dem cambrischen System und aus der Primordialzone.

Die Nereiten und Myrianiten, die in manchen silurischen Schichten eine hervorragende Rolle spielen, sind langgestreckte, wurmähnliche Fossilien mit zahlreichen seitlichen blattähnlichen Anhängen, die sich wie lappenförmige Gliedmaassen ausnehmen. Man hat sie für Meereswürmer erklärt. Aber der genauere Bau dieser Fossilreste ist noch sehr räthselhaft und lässt keine sichere Deutung zu. Von anderer Seite aus werden sie für Meeresfucoiden *(Chordophyceae)* in Anspruch genommen. Wir wollen uns und unsere Leser mit der Möglichkeit künftiger besserer die Frage entscheidend lösender Funde vertrösten. (Vergl. Band II, pag. 231 und 232).

Die Entomostraken oder niederen Krebse, Gliederkrebse, *Entomostraca*, sind im silurischen System und bereits in der Primordialzone reichlich vertreten.

Eine Hauptrolle spielen die Blattfüsser oder *Phyllopoda* mit weichen blatt-

förmigen als Athmungsorgane (Kiemen) dienenden Gliedmaassen, welche letztere aber in fossiler Erhaltung nicht auftreten.

Hymenocaris vermicurda SALTER ist ein wohlerhaltener, höchst merkwürdiger Phyllopode aus den Lingula flags (der Primordialzone) von North-Wales, England. Er zeigt eine, den Kopf verbergende grosse schildförmige Kappe — die an die Kopf- und Rumpfdecke des lebenden *Apus cancriformis* erinnert. Dahinter liegen acht freie Rumpfsegmente, deren letztes in vier borstenartige Schwanzzipfel ausläuft. Offenbar ein schwimmender Blattkrebs und wohl schon nahe verwandt mit heute noch lebenden Gattungen. (Vergl. Bd. I. pag. 140.)

Am zahlreichsten in der silurischen Fauna erscheinen die ebenfalls den Phyllopoden zugezählten, nur als erloschene Formen bekannten Trilobiten, die ihren Namen davon haben, dass ausser einer Dreitheilung des Körpers in Kopfschild, den mehr oder minder zahlreiche Segmente zeigenden Rumpf und ein bald dem Kopfschild ähnliches, bald mehr eigenthümlich gestaltetes Schwanzschild *(Pygidium)* noch eine durch zwei Längsfurchen ausgedrückte Dreitheilung zugleich über Kopf, Rumpfsegmente und Schwanzschild verläuft, die besonders auf den freiliegenden Rumpfsegmenten deutlich zu sein pflegt. Ausser dem hornigen oder kalkigen Panzer der Rückenseite kennt man von diesen Thieren zwar nur sehr wenig, dieser aber pflegt in trefflicher Erhaltung und mit zahlreichen Art- und Gattungscharakteren fossil aufzutreten.

Die Trilobiten beginnen im untersten Niveau des unteren Silursystems — in der Primordialzone, besonders zu Ginetz und Skrey in Böhmen — alsbald in überraschender Mannigfaltigkeit der Formen, vielen Arten und Gattungen, oft auch in grosser Menge der Individuen. Sie waren in dieser Epoche der Geschichte der Erde und ihres organischen Lebens die hervortretendsten Gestalten der Meeresfauna. BARRANDE zählt in der primordialen Zone schon 254 Arten. Noch zahlreicher sind sie in der zweiten und dritten Silur-Fauna, aus welcher BARRANDE zusammen nicht weniger als 1327 Arten aufführt, zusammen im Silur-System also bereits 1581 Arten. Merkwürdig ist die rasche Abnahme der Artenzahl der Trilobiten mit dem devonischen System und dem Kohlenkalk; mit letzterem erloschen sie.

Ausschliesslich silurisch erscheinen besonders die artenreichen Gattungen *Paradoxides*, *Olenus*, *Asaphus*, *Illaenus*, *Trinucleus*, *Calymene*. Andere Gattungen reichen noch in das Devon-System, wie *Phacops* und *Bronteus*. Ausschliesslich silurisch erscheinen auch die nur mit zwei Rumpfsegmenten versehenen Agnostiden oder Battiden mit der Gattung *Agnostus (Battus)*, die besonders im schwarzen Kalk- und Alaunschiefer von Andrarum u. a. O. in Schweden mit zahlreichen Individuen auftritt.

Ostrakoden oder Muschelkrebse kommen schon in der zweiten Silurfauna in mehreren Gattungen vor, gewinnen aber nur geringe Bedeutung. Häufig in obersilurischem Kalk von Gothland ist *Leperditia* oder *Cytherina baltica* HIS. eine ungewöhnlich grosse glatte Art, sie erreicht eine Länge von 20 Millim. Hierher zählt auch die Gattung *Beyrichia*, deren Schale auffallende gekörnelte Erhabenheiten trägt. *Beyrichia*-Arten sind weit verbreitet im oberen Silur-System und finden sich auch häufig in nordischen Geschieben der baltischen Ebene.

Cirrhipedier beginnen nach BARRANDE in der zweiten Silurfauna.

Eine sehr merkwürdige Abtheilung der Entomostraken des Silur-Systems sind die Eurypteriden, mit den Gattungen *Eurypterus* und *Pterygotus*, grosse Gliederkrebse mit gegliederten und zum Theil zu Ruderorganen entwickelten, zum Theil

scheerentragenden Beinen. Sie gehören besonders den obersilurischen und den devonischen Ablagerungen an. *Pterygotus*-Bruchstücke wurden anfangs für Fischreste genommen, bis bessere Funde ihnen unter den Crustaceen ihre Stelle anwiesen. Die Analogie mit gepanzerten Fischen ist nur eine täuschende Aehnlichkeit, (Convergenz).

Wir wenden uns zu den Wirbelthieren des silurischen Systems. Sie beschränken sich auf Fischreste und beginnen erst in der oberen Abtheilung desselben. Die Fische überhaupt erscheinen in der Reihenfolge der geologischen Formationen vom oberen silurischen System an in ihren drei Hauptordnungen: Selachier oder Haifische und Verwandte *(Selachii)*, Schmelzfische oder Schmelzschupper *(Ganoides)* und Knochenfische oder Teleostier *(Teleostei)* vertreten, wozu viertens noch die mit Selachiern und Amphibien verwandte, aber zur Zeit nach ihrer geologischen Vertretung noch etwas dunkle Ordnung der Lurchfische oder Doppelathmer *(Dipneusta)* kommt. Von diesen Ordnungen erscheinen im oberen Silursystem bereits Reste von Selachiern und Ganoiden, aber mancherlei knorplige, der festen Theile ermangelnde niedriger stehende Fischformen — wie sie *Amphioxus*, *Myxine* und *Petromyzon* in den heutigen Gewässern darstellen — mögen noch vor und mit ihnen gelebt haben, ohne fossile Reste in den Absätzen der alten Formationen zu hinterlassen. Die Teleostier folgen erst spät — in der Jura- und der Kreide-Epoche, und spielen in der Fischfauna des heutigen Zeitalters die Hauptrolle, wiewohl auch in unseren Meeren die knorpligen Haie an Grösse noch alle übrigen überragen.

Als Conodonten beschrieb PANDER 1856 eine Anzahl kleiner zahnförmiger Fossilien aus dem silurischen System von Russland, nach BARRANDE namentlich aus der zweiten Silurfauna, obere Abtheilung des Unter-Silur. Aber nach BARRANDE's und anderer Paläontologen Entscheidung sind die Conodonten keine Reste von Fischen, wahrscheinlich auch überhaupt nicht von Wirbelthieren. R. OWEN vermuthet ihre Abstammung von nackten Würmern oder Weichthieren, sei es nun von der Hautoberfläche oder aus dem Munde. Eine Beziehung auf Amphioxen und Tunicaten ist vielleicht noch eher angezeigt. (Vergl. Artik. Fische. Bd. 1, pag. 408.) Man kennt daher noch keine sicheren Reste von Fischen aus der zweiten Silur-Fauna.

Die Fische beginnen erst in der Mittelregion des oberen Silursystems — in der dritten Silurfauna — mit Selachiern und Ganoiden in etwa 66 Arten, die des Bone-beds des oberen Silur-Systems von England mitgerechnet. Aus dem Lower Ludlow Rock kennt man erst eine Art, *Pteraspis Ludensis* SALTER und auch in anderen Ländern sind in diesem Horizont Fischreste noch selten. Häufiger sind sie im Upper Ludlow Rok von England und den gleichzeitigen Ablagerungen von Böhmen, Russland etc., sowie in den Passage Beds, welche in England an der Grenze des silurischen gegen das devonische System erscheinen. In letzterer Ablagerung sind die Fischreste häufig. Sie stellen hier eine an Flossenstacheln, Schuppen und Zähnen ziemlich reiche, ausgebildete Knochenbreccie oder ein Bone Bed dar, das ein, zwei oder drei Zoll mächtig wird und als oberste Zone der oberen Ludlow-Schichten gilt, übrigens mehr ein schwankendes Glied zwischen Silur und Devon ist, daher auch als Passage Beds bezeichnet wird. Die Selachier sind in der Silurformation nur durch vereinzelte Flossenstacheln oder Ichthyodorulithen (wie z. B. *Onchus Murchisoni* AG. und *O. tenuistriatus* AG.) und durch vereinzelte Zähne (z. B. *Thelodus parvidens* AG. u. a. vertreten. Die Zugehörigkeit der einzelnen Formen der Funde von Flossenstacheln und Zähnen ist zur Zeit noch nicht festge-

stellt. Doch kann man als sicher nehmen, dass sie von Selachiern, Verwandten der heutigen Haie und Rochen — vielleicht der gemeinsamen Wurzel beider heute getrennten Ordnungen — abstammen. *Onchus* wird gewöhnlich auf Cestracionten gedeutet. Zahlreicher und besser charakterisirt sind die fossilen Reste von Ganoiden in den oberen Silurschichten. Am meisten unter diesen treten die gepanzerten Ganoiden *(Ganoides tabuliferi)*, die ältesten Verwandten der heutigen Störe in den Vordergrund. Sie sind namentlich durch die Gattungen *Pteraspis* und *Cephalaspis* vertreten. Von den Arten ist *Pteraspis Ludensis* SALTER aus den unteren Ludlow-Schichten das älteste bekannte Vorkommen. In Böhmen kommen im oberen Silur auch schon vereinzelte Reste von Cölacanthinen *(Ganoides cycliferi)* vor. Die meisten dieser silurischen Fischreste sind nur in zerstreuten Bruchstücken fossil erhalten und vielfach muss die bessere Entscheidung über ihre nähere Bedeutung besseren Funden anheimgestellt bleiben.

Dieser formenreichen Meeresfauna des silurischen Systems ist bis jetzt nur ein einziger Fund eines Landthieres gegenüber zu stellen. *Palaeophoneus* ist ein grosser Scorpion, der im Jahre 1884 inmitten einer reichen marinen Fauna im obersilurischen Kalk von Gothland angetroffen wurde. Dies ist das älteste bis dahin fossil bekannt gewordene luftathmende Landthier. Bis dahin liessen sich diese nur bis ins carbonische System zurückverfolgen. (Vergl. Bd. 1, pag. 44 u. 124.) Aber der Fund eines Scorpions im oberen silurischen System bedeutet auch, dass damals und schon lange zuvor festes Land und eine reichliche Landfauna, die an eine massenhafte Landflora sich anlehnte, bestanden haben müssen. Würmer, Arachniden und Insecten mögen auf diesem silurischen Festland reichlich vertreten gewesen sein und vielleicht war damals die Hegemonie bei den Scorpionen.

Sklerite

von

Professor Dr. **Kenngott.**

Bei denjenigen Mineralen, welche seit den ältesten Zeiten als Edelsteine bevorzugt wurden, ist meist die Härte eine hohe und es liessen sich daher die durch hohe Härte (7—10) ausgezeichneten Minerale, zu denen die wichtigsten Edelsteine gehören, in eine Gruppe zusammenstellen, weil die Härte leicht bestimmt werden kann. Von dem griechischen »*skleros*« hart, erhielten sie den Namen Sklerolithe (Hartsteine), kürzer Sklerite. In ihrer Zusammensetzung sind sie sehr verschieden, der Mehrzahl nach sind sie Silicate, weshalb diese hier vorangestellt werden. Der Quarz, welcher auch zu den Skleriten gerechnet wird, wurde bereits in einem eigenen Artikel beschrieben.

1. Die Granate.

Eine kleine Gruppe von Species, welche in morphologischer und chemischer Beziehung nicht allein nahe verwandt sind, sondern auch selbst mehrfach durch Abänderungen in einander übergehen. Sie krystallisiren tesseral und die Krystalle sind sehr häufig eingewachsene, oft in Drusenräumen aufgewachsene und die vorherrschende Gestalt ist das Rhombendodekaeder ∞O, welches entweder für sich allein auftritt oder in den Combinationen meist vorherrscht. Die gewöhnlichste Combination ist die von ∞O mit $2O2$, welche letztere Form auch vorherrscht, selbst allein beobachtet wird. Häufig ist $3O\frac{3}{2}$ untergeordnet, seltener $4O\frac{4}{3}$; andere holoedrische Gestalten sind selten, wie einige Tetrakishexaeder

und Triakisoktaeder, am seltensten das Hexaeder und Oktaeder, das letztere selbst vorherrschend, wie an Grossularkrystallen von Elba. Bei undeutlicher Ausbildung bilden eingewachsene und verwachsene Krystalle Körner, daher der Name Granat von *granum*, Korn. Nicht selten finden sich krystallinischkörnige Aggregate, grob- bis feinkörnige, die bisweilen bei grosser Mächtigkeit des Vorkommens als Granatfels auftreten, bei abnehmender Grösse der fest verwachsenen Körner bis dicht erscheinend. Sehr selten sind Krystalle kuglig gruppirt und bilden selbst scheinbar dichte einzelne oder gruppirte Kugeln mit glatter Oberfläche, wie bei Zermatt in Wallis in der Schweiz. Secundär finden sich auch Geschiebe und lose Granatkörner.

Die Granate sind unvollkommen spaltbar parallel ∞O, der Bruch ist muschlig, uneben bis splittrig. Sie sind meist farbig und selbst zu derselben Art gehörige haben verschiedene Farben, während nur drei Arten specifische Farbe haben, (der Uwarowit, Pyrop und Schorlamit); sehr selten sind fast weisse bis farblose, wie bei dem Grossular. Die gewöhnlichen Farben sind grüne, gelbe, rothe, braune und schwarze, graue und blaue kamen bis jetzt nicht vor. Der Glanz auf Flächen gut ausgebildeter Krystalle ist glasartig, muschlige Bruchflächen zeigen meist Wachsglanz. Sie sind durchsichtig bis undurchsichtig. Die Härte varirt zwischen 6,5 und 7,5 und das spec. Gew. zwischen 3,15 und 4,3, woraus zunächst ersichtlich ist, dass nicht alle Granate einer Species angehören, was besonders aus der Zusammensetzung hervorgeht. Von dieser hängt auch das verschiedene Verhalten v. d. L. ab, indem sie leicht schmelzbar bis fast unschmelzbar sind. In Salzsäure werden sie wenig angegriffen, wenn sie dagegen vorher geschmolzen wurden, sind sie löslich und scheiden Kieselgallerte ab.

Die Zusammensetzung ist mannigfach und sehr wechselnd, so dass die Species nur nach den vorherrschenden Bestandtheilen trennbar sind, während stellvertretende Bestandtheile mannigfache Uebergänge bilden. Im Allgemeinen sind sie basische Doppelsilicate, 3 Molecule von Basen RO, 1 Molecul R_2O_3 und 3 Molecule SiO_2 enthaltend und als Basen RO finden sich CaO, MgO, FeO, MnO, als Basen R_2O_3 Al_2O_3, Fe_2O_3, Mn_2O_3, Cr_2O_3, neben SiO_2 in einem, dem Schorlamit auch TiO_2. Aus den überaus zahlreichen Analysen der verschiedensten Granate geht hervor, dass in keinem nur zwei Basen enthalten sind, wenn man auch Granate nach der Zusammensetzung nach gewissen Basen unterscheidet und benennt. Diese Namen beziehen sich nur auf die vorherrschenden Basen, neben denen andere als stellvertretende auftreten, bei einzelnen Vorkommnissen ist selbst diese Benennung nicht ausreichend. Früher berücksichtigte man auch die Farben, unterschied gelbe, rothe, grüne, braune, schwarze und weisse, doch stehen die Farben nicht immer im Zusammenhange mit den wesentlichen Bestandtheilen.

Die wichtigsten Granatspecies sind folgende:

a) Der Eisenthongranat oder Almandin. Seiner Zusammensetzung nach wesentlich der Formel $Fe_3Al_2O_6 \cdot Si_3O_6$ entsprechend, welche 43,37 Eisenoxydul, 20,48 Thonerde, 36,15 Kieselsäure erfordert, nebenbei auch geringe Mengen von CaO, MgO, MnO und Fe_2O_3 als wechselnde Stellvertreter enthaltend. Er ist der häufigst vorkommende Granat, dessen schönsten colombin- bis blutrothe Vorkommnisse als Edelstein (Almandin genannt) benützt werden, daher auch edler Granat oder nach dem Vorkommen im Orient auch orientalischer Granat genannt. Er ist roth bis röthlichbraun, hat H. = 7,0—7,5 und spec. Gew. = 3,7—4,3 und schmilzt v. d. L. nicht schwierig zu einer stahlgrauen bis eisenschwarzen

magnetischen Kugel. Seine Krystalle sind bisweilen sehr gross, bis Kopfgrösse erreichend, wie die in Chloritschiefer eingewachsenen aus Tyrol, von Fahlun in Schweden, aus Ceylon. Sie finden sich auch bis sehr kleine und kommen besonders in älteren Silicatgesteinen, wie Granit, Gneiss, Syenit, Glimmer- und Chloritschiefer, Granulit u. a. vor; krystallinisch-körnig bildet er Granatfels.

Weniger häufig ist der ihm ähnliche Manganthongranat oder Spessartin (benannt nach einem Vorkommen in Granit bei Aschaffenburg im Spessart) welcher wesentlich $Mn_3Al_2O_6 \cdot Si_3O_6$ darstellt, noch mehr oder weniger Eisenoxydul enthaltend.

b) Der Kalkthongranat oder Grossular, wesentlich $Ca_3Al_2O_6 \cdot Si_3O_6$ mit 37,33 % Kalkerde, 22,66 Thonerde und 40,01 Kieselsäure, als Stellvertreter mehr oder weniger Eisenoxyd, Eisen- und Manganoxydul und Magnesia enthaltend. Häufig in Drusenräumen aufgewachsene Krystalle, auch eingewachsene und körnige Aggregate bildend ist er in der Farbe wechselnd, oft grün bis grünlichweiss, wie der ausschliesslich zuerst Grossular genannte vom Wiluifluss in Sibirien, von Slatoust am Ural, von Cziklowa und Orsowa im Banat u. a. O., grünlichgelb bis gelb (Topazolith) röthlichgelb bis hyazinthroth (Hessonit, Kanelstein, Hyazinthgranat genannt) wie der von der Mussa-Alpe in Piemont, von der Alpe Lolen im Meigelsthale am Baduz in der Schweiz, vom Vesuv, von Elba, aus Ceylon u. a. O., dessen schöne Varietäten als Schmuckstein geschliffen werden, bräunlichgelb bis braun (vom Vesuv), röthlichweiss, graulichweiss bis fast farblos (wie der von Auerbach an der Bergstrasse und von Jordansmühl in Schlesien, von Slatoust am Ural u. s. w.). Derselbe hat H. = 6,5—7,0 und spec. Gew. = 3,15—3,7 und schmilzt leicht zu farblosem oder wenig gefärbten, nicht magnetischen Glase.

c) Der Kalkeisengranat oder Allochroit, wesentlich $Ca_3Fe_2O_6 \cdot Si_3O_6$ mit 33,07 % Kalkerde, 31,50 Eisenoxyd, 35,43 Kieselsäure, stellvertretend wechselnde Mengen von Thonerde, Magnesia, Eisen- und Manganoxydul enthaltend, krystallisirt, auf- und eingewachsen oder derb, krystallinisch-körnig bis fast dicht (Drammen und Feiringen in Norwegen). Er ist verschieden gefärbt, gelb bis grün, bis grünlichschwarz, braun bis schwarz (Melanit genannt, wie der von Frascati und Albano bei Rom, vom Kaiserstuhl im Breisgau) hat H. = 7,0—7,5 und spec. Gew. = 3,8—4,3 und schmilzt mehr oder weniger schwierig oder leicht zu schwarzem magnetischen Glase. Er wird bei reichlichem Vorkommen als Zuschlag beim Schmelzen der Eisenerze verwendet.

Ihm verwandt ist der seltene schwarze Schorlamit von Magnet Cove in Arkansas in Nord-Amerika, vom Kaiserstuhl und von Horberig bei Oberbergen im Breisgau, welcher um 20 Procent Titansäure enthält, während er wesentlich ein Kalkeisengranat ist, wobei die Titansäure z. Th. die Kieselsäure ersetzt und als $FeO \cdot TiO_2$ einen Theil des Eisenoxydes. Er hat H. = 7,0—7,5 und spec. Gew. = 3,78—3,86 und ist v. d. L. mehr oder weniger schwierig schmelzbar, mit Phosphorsalz und Zinn oder Zink in der Reductionsflamme zu violettem Glase.

d) Der Pyrop, vielfach als Schmuckstein verwendet und gewöhnlich gegenüber dem orientalischen Granat genannten Almandin böhmischer Granat genannt, findet sich in grosser Menge lose Körner bildend bei Meronitz und Podsedlitz in Böhmen oder in einem durch Zersetzung entstandenen Thonstein oder in Opal, auch bei Zöblitz in Sachsen in Serpentin, sehr selten undeutliche Hexaeder bildend, ist dunkelhyacinthroth bis blutroth, durchsichtig bis durchscheinend, hat H. = 7,5 und spec. Gew. = 3,7—3,9 und wird v. d. L. erhitzt schwarz und un-

durchsichtig, beim Erkalten wieder roth und durchsichtig und schmilzt schwierig zu schwarzem glänzenden Glase. In der Zusammensetzung nähert er sich dem Eisenthongranat, enthält aber noch Chromoxyd, Manganoxydul, erheblich Magnesia und Kalkerde. — Ein reichlich Chromoxyd enthaltender Granat ist der Uwarowit von Bissersk und Kyschtimsk am Ural, welcher krystallisirt (∞O) und kleinkörnig durch smaragdgrüne Farbe ausgezeichnet ist, H. = 7,5 und spec. Gew. = 3,4—3,5 hat und wesentlich Kalkchromgranat ist, $Ca_3Cr_2O_6 \cdot Si_3O_6$, welcher v. d. L. fast unschmelzbar mit Borax langsam ein klares chromgrünes Glas giebt.

2. Staurolith (Granatit).

Derselbe fand sich bis jetzt nur in Glimmerschiefer oder Glimmerphyllit eingewachsen mehr oder weniger deutlich krystallisirt, orthorhombisch, prismatische Krystalle bildend, woran das Prisma ∞P (128° 42') combinirt mit den Basisflächen und den die scharfen Kanten gerade abstumpfenden Längsflächen beobachtet wird, welche letzteren auch vorherrschen. Untergeordnet finden sich auch daran (Fig. 1) die Längsdomenflächen $P\breve{\infty}$, gegen die Basisflächen unter 125° 23' geneigt. Sehr häufig sind Kreuzzwillinge, (woher der Name Staurolith, von dem griechischen »*stauros*« Kreuz und »*lithos*« Stein), deren Hauptachsen bei der Zwillingsebene $\frac{3}{2}P\breve{\infty}$ sich fast rechtwinklig schneiden und wobei die Querschnitte beider Individuen in einer Ebene liegen (Fig. 2), oder solche nach einer Pyramide $\frac{3}{2}P\breve{\frac{3}{2}}$, wobei die Hauptachsen sich schiefwinklig unter nahe 60° schneiden, oder solche nach $\infty P\breve{3}$, wobei die Hauptachsen zusammenfallen. Spaltbarkeit deutlich nach den Längsflächen. Die Krystalle finden sich auch lose.

(Min. 256–257.)

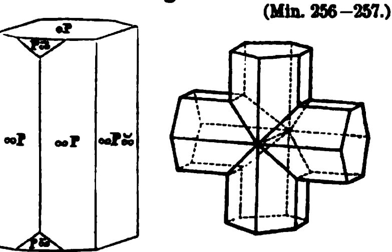


Fig. 1. Fig. 2.

Er ist granatroth, bräunlichroth bis röthlichbraun und schwärzlichbraun, glasglänzend, halb- bis undurchsichtig, hat H. = 7,0—7,5 und spec. Gew. = 3,5—3,8. V. d. L. unschmelzbar, in Säuren unlöslich. Die Zusammensetzung ist noch nicht genau ermittelt, doch scheint er der Formel $FeAl_2O_4 \cdot SiO_2 + Al_2O_3 \cdot SiO_2$ zu entsprechen und neben FeO enthält er wenig Magnesia. Bemerkenswerth ist bei seinem Vorkommen in Paragonitschiefer von Monte Campione bei Faido im Canton Tessin in der Schweiz, wo die schönsten Krystalle des Staurolith in Begleitung von Disthen vorkommen, eine homologe Verwachsung der Krystalle beider Species, wobei die Längsflächen des Staurolith den Querflächen des Disthen parallel sind und ebenso die Hauptachsen beider.

Er ist nicht selten und als Fundorte sind noch Airolo am St. Gotthard in der Schweiz, Quimper in der Bretagne, Fanzes bei Oporto in Portugal, St. Jago di Compostella in Spanien, Aschaffenburg und Bieber im Spessart, Radegund in Steiermark, das Zillerthal in Tyrol, Goldenstein in Mähren, Fannin County in Georgia, Windham in Maine, Lisbon und Franconia in New Hampshire und Polekowskoi am Ural beispielsweise zu nennen.

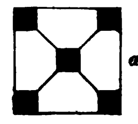
3. Andalusit. Krystallisirt orthorhombisch, bildet prismatische Krystalle durch ein fast rechtwinkliges Prisma ∞P (90° 50') begrenzt durch die Basisflächen, wozu bisweilen die Flächen des Querdoma $P\bar{\infty}$ (109° 4'), des Längsdoma $P\breve{\infty}$ (109° 51'), selten andere treten und findet sich ausserdem noch in stengligen bis körnigen Aggregaten, ist undeutlich spaltbar parallel ∞P, hat muschligen bis unebenen und splittrigen Bruch. Er ist grau, grün, roth, braun oder violblau, durchsichtig (selten) bis kantendurchscheinend, glas- bis wachs-

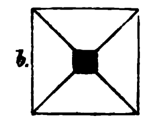
glänzend, hat H. = 7,0—7,5 und spec. Gew. = 3,1—3,2. Ist wesentlich Al_2O_3. SiO_2 wie der Disthen und Sillimanit, daher dieses Silicat trimorph. In Säuren ist er unlöslich, v. d. L. unschmelzbar; das Pulver mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht wird blau.

Der Andalusit, benannt nach seinem Vorkommen in Andalusien in Spanien, woher er zuerst bekannt wurde, findet sich eingewachsen, in Drusenräumen aufgewachsen, besonders in Granit, Gneiss und Glimmerschiefer, auch auf Gängen in diesen, bisweilen lose als Geschiebe, wie in Minas geraes in Brasilien und ist nicht selten. — Bemerkenswerth ist, dass er an einzelnen Fundorten, wie z. B. bei Lisens in Tyrol, eine eigenthümliche Umänderung erleidet, wodurch er zunächst seine Härte verliert und allmählich in Muscovit sich umwandelt, Pseudokrystalle des letzteren nach Andalusit bildend. Ebendaselbst findet sich auch in Disthen umgewandelter Andalusit.

Als eine besondere Varietät ist der Chiastolith zu betrachten, welcher in Thonschiefer und Glimmerphyllit eingewachsene Krystalle bildet, wie bei Gefrees im Fichtelgebirge, Bagnères in den Pyrenäen, St. Jago di Compostella in Spanien, Stirling und Lancaster in Massachusetts, Mankowa im sibirischen Districte Nertschinsk, Agharanagh in Irland, Wolfferay in Cumberland, in der Bretagne u. a. O. m. Diese Krystalle sind dadurch ausgezeichnet, dass sie als langprismatische ohne bestimmte Begrenzung an den Enden, dünne bis dicke mehr oder minder scharf das Prisma ∞P bilden. Die dünnen Krystalle zeigen längs der Hauptachse einen dunklen Kern, die dickeren auch längs den Kanten eine ähnliche Füllung, welche mit dem Kern in Verbindung steht. Senkrechte Schnitte gegen die Hauptachse (Fig. 3 a u. b) zeigen daher ein Aussehen wie die Figuren darstellen, an das griechische *X* erinnernd, wesshalb der Name Chiastolith gegeben wurde. Die so hervortretende Trennung in vier Theile liess eine Zwillings-Verwachsung vermuthen, die es aber nicht ist. Der Chiastolith, anfänglich für eine eigene Species gehalten, graulichweiss, grau oder unrein gelb bis braun und blaulichroth gefärbt ist aber nur mehr oder weniger unreiner Andalusit von etwas geringerer Härte (5—6), auf eine bereits beginnende Umwandlung hinweisend, selbst etwas Wasser enthaltend.

(Min. 258.)





a. b.

Fig. 3.

4. Topas, dem Andalusit nahe verwandt, insofern er der Hauptsache nach dasselbe Thonerde-Silicat $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ darstellt, dessen Sauerstoff zum Theil durch Fluor ersetzt ist. Die Menge des Fluor ist nahezu in dem Verhältnisse vorhanden, dass etwa der sechste Theil des Sauerstoffes durch Fluor ersetzt wird und dadurch die Formel des Topas $5(Al_2O_3 \cdot SiO_2) + Al_2F_6 \cdot SiF_4$ geschrieben werden kann, welche 47,2 § Thonerde, 27,7 Kieselsäure, 15,5 Fluoraluminium und 9,6 Fluorsilicium mit 17,5 Fluor erfordert.

Er krystallisirt orthorhombisch, bildet vorwaltend prismatische Krystalle, an denen fast immer die beiden Prismen ∞P (124° 19') und $\infty \breve{P}2$ (86° 52') in wechselnder Ausdehnung vorkommen, bald das eine, bald das andere vorherrscht. Untergeordnet finden sich auch noch andere Prismen. Am Ende sind sie nach den Fundorten verschieden begrenzt, so besonders die von Villarica in Brasilien durch die Pyramide P mit den Endkanten = 141° 7' und 101° 52' und den Seitenkanten = 90° 55' (Fig. 4) wozu auch noch andere Pyramiden, Domen und die Basisflächen kommen; die vom Schneckenstein bei Gottesberg in Sachsen durch die Basisflächen, Pyramiden und Längsdomen, während bei anderen, wie vom Ural und aus Sibirien

das Längsdoma $2\breve{P}\infty$ (92° 59') am Ende vorherrscht, nebenbei auch andere Gestalten vorkommen. Die Prismenflächen sind meist vertical gestreift, die Basisflächen oft rauh. Die Krystalle finden sich auf- oder eingewachsen, als Stengel verwachsen (so der Pyknit genannte von Altenberg in Sachsen und Durango in Mexiko) auch derb oder grosse undeutlich ausgebildete Individuen darstellend (so der sogen. Pyrophysalith von Fahlun in Schweden und Modum in Norwegen) bis eingesprengt, auch als Geschiebe, wie die farblosen abgerundeten Krystalle im Gebiete des Rio Belmonte in Brasilien. Er ist vollkommen basisch spaltbar, hat muschligen, unebenen bis splittrigen (der derbe) Bruch.

(Min. 259.)

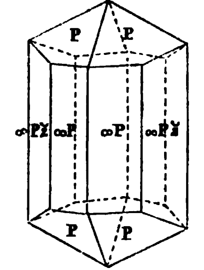


Fig. 4.

Er ist farblos bis weiss, meist farbig, gelblichweiss bis wein- und honiggelb, röthlichweiss bis rosen- und hyacinthroth, violblau, grünlichweiss bis berg-, seladon- und spargelgrün, glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 8,0 und spec. Gew. = 3,4—3,6. Er ist in Säuren unlöslich, v. d. L. unschmelzbar, giebt mit Phosphorsalz geschmolzen ein klares Glas mit Kieselskelett, mit Soda kein klares Glas, wird als Pulver mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau, und zeigt mit Phosphorsalz im Glasrohre stark erhitzt die Reaction des Fluor, das Glas ätzend.

Er ist nicht selten, findet sich meist in Gesellschaft von Quarz in Granit und Gneiss, in Nestern, in Drusenräumen und auf Gängen, mit Quarz und Turmalin den sogen. Topasfels bildend. Die schön gefärbten durchsichtigen Krystalle und farblosen Geschiebe werden vielfach als Edelsteine geschliffen, am häufigsten sind als solche die gelben. Durch vorsichtiges Glühen werden dieselben blassviolett, rosenroth und hyazinthroth, die bläulichgrünen kommen als Aquamarin in den Handel, wie solche vom Ural, während Aquamarin sonst eine Varietät des Beryll genannt wird.

5. Der Zirkon. Derselbe krystallisirt quadratisch, die Krystalle sind gewöhnlich prismatisch und die einfachsten Combinationen sind die des normalen oder diagonalen Prisma mit der als Grundgestalt gewählten Pyramide P (Fig. 5 u. 6), deren Endkantenwinkel = 123° 19', der Seitenkantenwinkel = 84° 20' ist. Selten findet diese sich allein. Untergeordnet erscheinen die spitzeren Pyramiden 2P und 3P, die oktogonale Pyramide 3P3 (diese an Krystallen von Ohlapian in Siebenbürgen auch vorherrschend) u. a. Oft sind die Kanten der Krystalle abgerundet. Spaltbarkeit mehr oder weniger unvollkommen parallel P und ∞P; der Bruch ist muschlig bis uneben. Selten ist der Zirkon farblos (wie im Pfitschthale in Tyrol und am Laacher See) bis weiss und grau, meist gefärbt, gelb bis braun, röthlichgelb bis roth, röthlichbraun, selten grün, hat Glas- oder Wachsglanz, oft diamantartigen, ist durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 7,5 und spec. Gew. = 4,1—4,7. Ist wesentlich $ZrO_2 + SiO_2$ mit 67 ⅋ Zirkonsäure und 33 Kieselsäure, meist etwas eisenhaltig, wodurch die Färbung bedingt wird, welche beim Glühen in der Oxydationsflamme dunkler, in der Reductionsflamme heller wird bis zum Verschwinden, wesshalb auch so farblos gewordene an Stelle von Diamant, dem sie dann wegen des Diamantglanzes ähnlich sind, als Schmuckstein gebraucht

(Min. 260—26

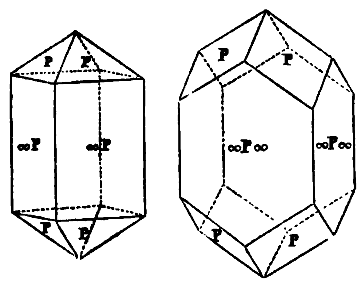


Fig. 5. Fig. 6.

werden. Schön gefärbte gelbe bis gelblichrothe werden als Edelsteine geschliffen (Hyacinth genannt), so besonders die auf Ceylon lose sich findenden. V. d. L. ist er unschmelzbar, desgleichen mit Phosphorsalz, mit Borax schwierig schmelzbar, in Schwefelsäure wird er langsam als Pulver theilweise zersetzt.

Der Zirkon, prismatische bis pyramidale Krystalle bis Körner bildend, ist meist in Silicatgesteinen eingewachsen, wie in Syenit (in Norwegen, Schweden, Sachsen), in Gneiss (in New-Jersey, auf Ceylon), im Miascit des Ilmengebirges bei Miask in Sibirien, im Eklogit des Fichtelgebirges, in Basalt, vulkanischen Auswürflingen u. a., auch in Marmor (Böhmisch-Eisenberg in Mähren), lose im aufgeschwemmten Lande und im Sande von Flüssen. Er wird, wie schon erwähnt, als Edelstein benützt, auch zu Zapfenlagern feiner Waagen und in der Uhrmacherei.

Verwandt ist der Auerbachit von Mariapol im Gouv. Jekatherinoslaw in Sibirien, in Kieselschiefer eingewachsene, kleine pyramidale Krystalle bildend, welche bei H. = 6,5 und spec. Gew. = 4,06 weniger Zirkonsäure enthalten, $2ZrO_2$ auf $3SiO_2$, während der sogen. Malakon von Hitteroë in Norwegen, Miask am Ural, Rosendal in Finnland u. a. O. mit wechselndem Wassergehalte und H. bis auf 4 hinab auf eine chemische Veränderung des Zirkon hinweist.

6. Dichroit (Cordierit, Peliom, Iolith), ein durch seine Zersetzbarkeit ausgezeichnetes Magnesia-Thonerde-Silicat $Mg_2Al_4O_8 \cdot Si_6O_{10}$, welches eine ganze Reihe verschiedenartiger Pseudomorphosen liefert, welche als eigene, doch zweifelhafte Species unterschieden wurden, wie die mit den Namen Chlorophyllit, Praseolith, Aspasiolith, Peplolith, Gigantolith, Pyrargillit, Fahlunit, Pinit, Oosit, Bonsdorffit und Iberit belegten Umwandlungsprodukte des Dichroit. An ihm wurde der Pleochroismus, früher als Dichroismus bezeichnet, entdeckt (s. Bd. II, pag. 472), daher der von CORDIER gegebene Name Dichroit, welchem jetzt meist der Name Cordierit vorgezogen wird, weil er nicht dichromatisch, sondern trichromatisch ist. Er krystallisirt orthorhombisch, bildet meist kurzprismatische Krystalle von hexagonalem Aussehen, welche in der einfachsten Combination $\infty P \cdot \infty \breve{P}\infty \cdot oP$ der hexagonalen Combination $\infty P \cdot oP$ gleichen, weil der brachydiagonale Kantenwinkel $= 119° 10'$ ist. Diese Aehnlichkeit zeigt sich auch bei weiteren Combinationen, indem zu jenen Gestalten $\frac{1}{2}P$ als Abstumpfung der Combinationskanten $oP/\infty P$, $\breve{P}\infty$ als Abstumpfung der Combinationskanten $oP/\infty\breve{P}\infty$ tritt, wobei $\frac{1}{2}P$ gegen oP unter $151° 7'$ und $\breve{P}\infty$ gegen oP unter $150° 49'$ geneigt ist. Auch wenn die Querflächen und das Prisma $\infty\breve{P}3$ dazu treten, zwölfseitig prismatische Gestalten entstehen, besteht noch das hexagonale Aussehen. Die Krystalle sind gewöhnlich als eingewachsene nicht scharf ausgebildet, zeigen auch abgerundete Kanten. Ausser krystallisirt findet er sich derb und eingesprengt, lose als Geschiebe, wie auf Ceylon die als Edelstein benützten blauen, die sogen. Wasser- oder Luchssapphire.

Er ist bläulichweiss bis dunkelblau, ins Gelbe und Braune gehend, selten farblos, durchsichtig bis kantendurchscheinend, glas- bis wachsglänzend, der durchsichtige deutlich trichromatisch. H. = 7,0—7,5 und spec. Gew. = 2,6—2,7. V. d. L. schwierig an den Kanten schmelzbar, mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau bis bläulichgrau; in Säuren wenig löslich. — Er findet sich besonders in Granit und Gneiss wie bei Arendal und Krageroë in Norwegen, Fahlun in Schweden, Orijärfvi und Helsingfors in Finnland, Bodenmais in Bayern, Cabo de Gata in Spanien, Haddam in Connecticut u. a. O.

7. Beryll (mit Einschluss des Smaragd) krystallisirt hexagonal, bildet ein- und aufgewachsene prismatische Krystalle und bisweilen stenglige Aggregate. Die Combinationen $\infty P \cdot oP$, $\infty P \cdot \infty P2 \cdot oP$, $\infty P \cdot oP \cdot P$ sind häufige (Endkanten. von $P = 151° 0'$, Seitenkanten $= 59° 53'$), dazu kommen noch andere Gestalten untergeordnet, wie $2P$, $2P2$, $3P\frac{3}{2}$, $3P$, $\frac{1}{2}P$, $\frac{3}{2}P$ u. a. Häufig sind die Prismen vertical gestreift; die Spaltungsflächen parallel oP sind ziemlich vollkommen, die parallel ∞P unvollkommen, der Bruch ist muschlig bis uneben. Er ist meist gefärbt, grünlichweiss bis seladongrün, berg-, öl-, apfel- und smaragdgrün (das reinste Grün, daher unter den grünen Farben als Charakterfarbe gewählt, s. Bd. II, pag. 471), stroh- bis wachsgelb, smalte- bis himmelblau, hell rosenroth, selten farblos, hat Glasglanz, ist durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 7,5—8, das spec. Gew. = 2,67—2,73. Er ist nach der Formel $Be_3Al_2O_6 \cdot Si_6O_{12}$ zusammengesetzt, 14 $\frac{0}{0}$ Beryllerde, 19 Thonerde und 67 Kieselsäure enthaltend, nebenbei geringe Mengen von Eisen- und Chromoxyd (letzteres in dem sogen. Smaragd, die schöne grüne Farbe bedingend, die jedoch auch durch Spuren einer Kohlenwasserstoffverbindung erzeugt werden soll). Er ist v. d. L. schwierig an den Kanten zu blasigem Glase schmelzbar und in Säuren unlöslich.

Der Beryll findet sich besonders in älteren krystallinischen Silicatgesteinen eingewachsen, wie in Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, selbst in Thonschiefer, auch in Drusenräumen solcher oder auf Gängen in ihnen, bisweilen lose; der als Edelstein seit alten Zeiten hoch geschätzte Smaragd, dessen Prismen nicht gestreift sind, bei Muzo und Sta Fe in Neu-Granada, Djebel Zahara am rothen Meere, Kosseir in Aegypten, am Flusse Tokowoja, 85 Werst östlich von Katharinen burg im Ural, im Mourne-Gebirge in Irland, im Habachthale in Salzburg und bei Tammela in Finnland. Von anderen, wie sie schön krystallisirt bei Mursinka und Schaitanka unweit Katharinenburg, bei Miask im Ural, im Aduntschilon-Gebirge und im Thal der Urulga in Nertschinsk vorkommen, werden besonders die durchsichtigen bläulichgrünen (meergrünen) als Edelstein geschliffen, der sogen. Aquamarin, der auch in Brasilien vorkommt. Ausserdem finden sich die sogen. gemeinen Berylle, durchscheinenden bis fast undurchsichtigen an einzelnen Fundorten oft grosse Krystalle bildend, wie bei Bodenmais in Bayern, Langenbielau in Schlesien, Limoges in Frankreich, Crafton zwischen dem Connecticut und Marimac in Nord-Amerika, wo bis fussdicke Krystalle von 4 bis 6 Fuss Länge vorkommen, ähnlich wie auf der Halbinsel Annaröd bei Moss in Norwegen und bei Ponferada in Gallizien in Spanien, die selbst zu Thürpfosten verwendet werden.

Ein zweites Beryllerde enthaltendes Silicat ist der seltene Euklas $2(BeO \cdot SiO_2) + H_2O \cdot Al_2O_3$ von Boa vista bei Villarica in Brasilien in Drusen im Chloritschiefer und aus dem Gold führenden Sande am Flusse Sanarka im Ural. Derselbe durch seine klinorhombischen Krystalle ausgezeichnet, würde durch seine gelben, blauen und grünen Farben, Durchsichtigkeit, Glanz und Härte sich sehr zur Verwendung als Edelstein eignen, ist aber wegen seiner vollkommenen Spaltbarkeit für den Gebrauch nicht geeignet.

Ein drittes Silicat ist der hexagonale Phenakit, $2BeO \cdot SiO_2$ von Stretinsk an der Takowoja am Ural, von Miask im Ilmengebirge, von Frammont in Lothringen und von Durango in Mexiko, farblos bis weingelb mit H. = 7,5—8,0, ist besonders durch die rhomboedrische Tetartoedrie der Krystalle ausgezeichnet.

8. Der Turmalin (oder Schörl) oder die Turmaline, weil jedenfalls bei gleicher Krystallisation ähnlich den Granaten mehrere Species zu unterscheiden sind. Die hierher gehörigen Minerale krystallisiren hexagonal rhomboedrisch

und zeigen oft den Hemimorphismus. Die Krystalle sind im Allgemeinen prismatisch ausgebildet, bisweilen kurz und dick, meist lang, gross bis klein, dick bis dünn, bilden bei unvollkommener Ausbildung Stengel bis Nadeln und mit einander verwachsen, stenglige bis fasrige Aggregate, seltener körnige. Die einfachste Combination ist die des diagonalen Prisma R∞ mit oR, dazu treten bisweilen die Flächen des normalen Prisma ∞R als gerade Abstumpfung der Kanten von R∞. Hierbei sind meist 3 abwechselnde Flächen ∞R breiter als die anderen. Häufig sind die Krystalle durch Rhomboeder begrenzt, deren 3 besonders wichtig sind, das Rhomboeder R mit dem Endkantenwinkel = 133° 10', $\frac{1}{2}$ R' (155°) und 2R' (103° 3'). Hierbei ist in der vertikalen Zone das Prisma R∞ allein da oder noch das Prisma ∞R mit ungleicher Grösse der abwechselnden Flächen, zwei trigonale Prismen bildend oder nur ein trigonales Prisma mit R∞, wodurch der häufig vorkommende trigonale Habitus der Krystalle entsteht, der sich bis zur alleinigen Ausbildung eines trigonalen Prisma steigert. In Folge des Hemimorphismus sind die Krystalle in dem Sinne verschieden beendet, dass z. B. wie Fig. 9 zeigt, an dem einen Ende das Rhomboeder 2R', am anderen R mit
(Min. 262—266.)

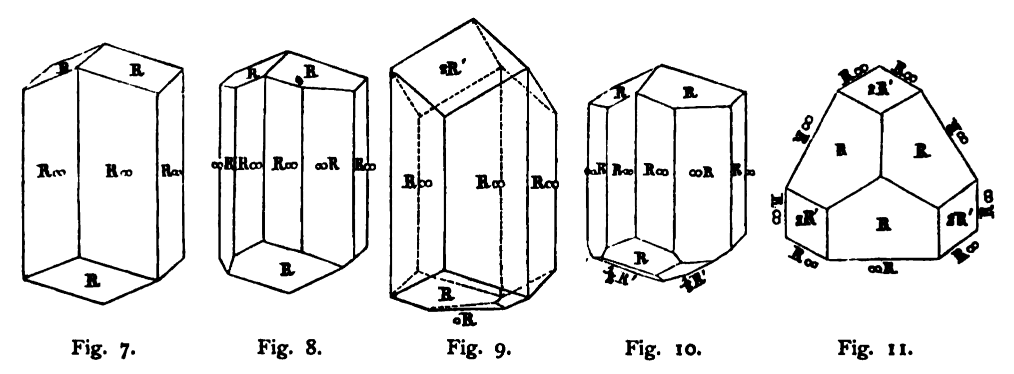


Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.

oR auftritt oder wie Fig. 10 zeigt, an dem einen Ende R, am anderen R mit $\frac{1}{2}$R'. Fig. 11 ist eine Projection von Fig. 10, wodurch der trigonale Habitus der Krystalle ersichtlich ist. In complicirteren Combinationen finden sich auch Skalenoeder mit entsprechend hemimorpher Bildung, das dodekagonale Prisma ∞P$\frac{3}{2}$ hemimorph als ditrigonales Prisma. Die hemimorphe Bildung ist besonders an eingewachsenen Krystallen deutlich. Die Prismenflächen sind meist vertical gestreift. Die Spaltbarkeit ist unvollkommen nach R und R∞, der Bruch muschlig bis uneben.

Die Turmaline sind selten farblos, gewöhnlich farbig, grün, braun, schwarz, blau, grau, gelb oder roth, ein- bis mehrfarbig, wobei wie bei Elbaner Krystallen von den Enden aus die Farbe wechselt oder wie bei brasilianischen das Innere anders gefärbt ist als die Hülle des Inneren, daher man die verschiedene Färbung desselben Krystalles erst sieht, wenn er durchgebrochen ist. Der Glanz ist glasartig, die Durchsichtigkeit verschieden, alle Grade zeigend bis zum Undurchsichtigen, selbst bei zwei- und mehrfarbigen mit den Farben wechselnd. H. = 7,0 bis 7,5, spec. Gew. = 2,94—3,25. Der Turmalin ist oft dichromatisch, wird durch Erwärmen polarisch elektrisch, an einem Ende positiv, am anderen negativ.

Das Verhalten v. d. L. ist nach der wechselnden Zusammensetzung verschieden, manche schmelzen leicht unter Aufblähen, manche schwellen an ohne zu schmelzen, andere schmelzen mehr oder weniger schwer ohne anzuschwellen;

alle zeigen bei Zusammenschmelzen mit Fluoritpulver und saurem schwefelsaurem Kali auf Kohle die Reaction des Bor, grüne Färbung der Flamme. Das rohe Pulver wird von Salzsäure nicht gelöst, unvollständig in Schwefelsäure, dagegen das Pulver des vorher geschmolzenen Turmalin nach längerer Behandlung in concentrirter Schwefelsäure fast vollständig löslich.

Die Zusammensetzung ist sehr complicirt und es ist bis jetzt nicht möglich gewesen, eine allgemeine Formel mit Sicherheit festzustellen, obgleich Turmaline von den verschiedensten Fundorten und von verschiedenem Aussehen mit der grössten Sorgfalt analysirt wurden. Dies liegt wesentlich daran, dass in den Turmalinen Basen R_2O (K_2O, Na_2O, Li_2O), Basen RO (MgO, CaO, FeO, MnO), Al_2O_3 und immer als Stellvertreter derselben etwas Borsäure B_2O_3 mit SiO_2 verbunden vorkommen, sie ausserdem noch Fluor und Wasser, wenn auch wenig enthalten und bei der Schwierigkeit der quantitativen Bestimmung so verschiedener, z. Th. in geringen Mengen vorkommender Stoffe auch oft Beimengungen vorkommen. C. Rammelsberg, der selbst viele Turmaline analysirte und wiederholt die Verbindungsweise derselben besprach, hat (dessen Handbuch der Mineralchemie Bd. II, pag. 539) durch die Berechnung gefunden, dass die Turmaline aus basischen Drittelsilicaten dreierlei Art zusammengesetzt sind, aus Moleculen der Formel $3R_2O \cdot SiO_2$, $3RO \cdot SiO_2$ und $R_2O_3 \cdot SiO_2$ bestehen. Zu den Alkalien R_2O rechnet er auch das Wasser und R_2O_3 umfasst die Thonerde und Borsäure. Die Zahlenverhältnisse der dreierlei Molecule und die bezüglichen Stoffe sind sehr wechselnd. Er unterscheidet ferner 2 Abteilungen, von denen die erste, wenn man in der allgemeinen Formel die Werthigkeit der Atome R ausdrückt, die allgemeine Formel $(\overset{I}{R}_2, \overset{II}{R})_3 (\overset{VI}{R_2})_3O_{12} \cdot Si_4O_8$ hat und wobei auf $2\,\dot{A}l_2O_3$ $1\,B_2O_3$ enthalten ist. Zu dieser grösseren Abteilung gehören die gelben, braunen und schwarzen Turmaline (nach dem Vorwalten der zweiwerthigen Elemente Mg und Fe die Magnesiaturmaline, Magnesia-Eisenturmaline und Eisenturmaline. Die zweite Abtheilung hat die allgemeine Formel $(\overset{I}{R}_2, \overset{II}{R})_3 (\overset{VI}{R_2})_8O_{27} \cdot Si_9O_{18}$, wobei auf $3\,Al_2O_3$ $1\,B_2O_3$ enthalten ist und unter den Alkalimetallen das Lithium hervortritt. Eisen mangelt diesen fast gänzlich. Zu dieser Abtheilung gehören die farblosen, hellgrünen und rothen Turmaline. Die intensiv grünen sind isomorphe Mischungen der beiderlei Abtheilungen.

Auch nach den Farben wurden Turmaline benannt, Achroit die farblosen, Rubellit die carminrothen, Siberit rosenrothe, Apyrit pfirsichblüthrothe, Indicolith blaue, während die häufigen schwarzen oft Schörl genannt werden. Schönfarbige, besonders grüne, rothe und blaue werden als Schmucksteine selbst geschliffen. Die Turmaline finden sich sehr häufig, auf Gängen und Lagern, in Drusenräumen und als Gemengtheil von Gesteinsarten (Turmalinfels, Turmalinschiefer, Topasfels, Turmalingranit, Turmalingneiss), sowie überhaupt häufig als unwesentlicher, wie im Granit, Gneiss, Glimmer-, Chlorit- und Talkschiefer, Marmor, Dolomit u. a. oft auch lose als Geschiebe.

Als Borsäure enthaltende Silicate sind noch der durch seine scharfkantigen anorthischen Krystalle ausgezeichnete Axinit und der orthorhombische Danburit anzuführen, von denen der erstere wesentlich ein Kalkthonerde-Silicat ist, worin die Borsäure den dritten Theil der Thonerde ersetzt, der zweite nach der Formel $CaB_2O_4 \cdot Si_2O_4$ zusammengesetzt ist.

9. Der Boracit. Ein im Vorkommen beschränktes Mineral, welches besonders in Gyps und Anhydrit am Kalkberge und Schildstein bei Lüneburg in

Hannover und bei Segeberg in Holstein vorkommt, eingewachsene einzelne, selten gruppirte Krystalle bildend. Er krystallisirt tesseral, tetraedrisch hemiedrisch, die Krystalle sind klein bis 1 Centim. im Durchmesser und zeigen vorwaltend das Hexaeder, das Rhombendodekaeder und die Tetraeder. Gewöhnlich herrscht eine oder die andere dieser Gestalten vor, wodurch die Krystalle bald mehr hexaedrischen, bald mehr tetraedrischen Typus haben, bald dodekaedrischen. Dazu treten dann meist die beiden anderen oder untergeordnet noch $\frac{2O2}{2}$, $\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$ u. a. Die Krystalle liessen verschiedene optische Anomalien erkennen, welche auf verschiedene Weise gedeutet wurden und das tesserale System zweifelhaft machten, dagegen fand C. Klein auf Grund genauer Untersuchungen, dass der Boracit unzweifelhaft tesseral krystallisirte, dass aber später durch Temperaturveränderungen im Inneren der Krystalle Molecularkräfte wirksam wurden, durch welche jetzt die abweichenden optischen Erscheinungen bedingt werden. Spaltbarkeit ist nicht bemerkbar, der Bruch ist muschlig. Die Krystalle sind farblos bis weiss, oft graulich-, gelblich- oder grünlichweiss, durchsichtig bis kantendurchscheinend, glas- bis fast diamantglänzend, haben die H. = 7 und das spec. Gew. = 2,9—3,0. Die Zusammensetzung entspricht der Formel $2(3MgO \cdot 4B_2O_3) + MgCl_2$, welche 26,82 $\%$ Magnesia, 62,57 $\%$ Borsäure, 2,68 $\%$ Magnesium und 7,93 $\%$ Chlor erfordert. Als Stellvertreter für MgO findet sich auch etwas FeO, 1—2 Procent. V. d. L. schmilzt er unter Aufwallen schwierig zu einer klaren gelblichen Perle, welche beim Erstarren weiss und undurchsichtig wird und ein Aggregat feiner Krystallnadeln bildet. Wird er mit Fluoritpulver und saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen, so färbt er die Löthrohrflamme grün. In Salzsäure ist er schwierig, aber vollständig auflöslich. Wird er nur mit schwefelsaurem Kali geschmolzen und die Schmelze in Wasser aufgelöst, so lässt sich die Magnesia durch Zusatz von Phosphorsalz fällen.

Durch Zersetzung werden die Krystalle, ihre Form behaltend, im Gestein im Inneren faserig, trübe und undurchsichtig und die Fasern bilden nach O. Volger 12 vom Mittelpunkt ausgehende Gruppen entsprechend den Flächen ∞O, auf denen sie senkrecht stehen. Er nannte das so entstandene wasserhaltige Gebilde Parasit. Diesem scheint ein kryptokrystallisches, fast dichtes weisses Mineral im Steinsalzgebirge bei Stassfurt in der Provinz Sachsen zu entsprechen, welches derbe Massen bildet und für dichten Boracit gehalten wurde. G. Rose nannte dasselbe Stassfurtit.

Bei Sarapulsk und Schaitansk unweit Mursinsk am Ural, fand sich ein dem Boracit ähnliches Mineral, der Rhodizit, kleine Krystalle $\infty O \cdot \frac{O}{2}$ bildend, welche H. = 8 haben und für eine analoge Verbindung der Kalkerde gehalten werden.

10. Spinell. Derselbe wird bei rother Färbung und wenn er durchsichtig ist, wie er sich lose im aufgeschwemmten Lande und im Sande von Flüssen in Ostindien und auf Ceylon findet als Edelstein geschätzt und wird bei dunkler Farbe Rubinspinell, bei heller Rubin-Balais oder Ballasrubin genannt.

(Min. 267.)

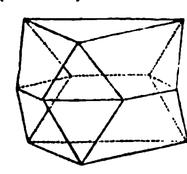


Fig. 12.

Er krystallisirt tesseral, bildet Oktaeder für sich oder in Combination mit ∞O, auch mit $3O3$ und $\infty O\infty$, häufig Contactzwillinge nach O (Fig. 12), ist unvollkommen oktaedrisch spaltbar und hat muschligen Bruch. Er ist selten farblos, meist farbig, röthlichweiss, rosen-, cochenill-, carmoisin-, blut- und hyazinthroth bis braun, bläulichweiss bis smalteblau, viol- und indigoblau bis bläulichschwarz, grasgrün bis grünlich-

schwarz, glasglänzend, durchsichtig bis undurchsichtig, hat H. = 8 und spec. Gew. = 3,5—4,1. Er ist wesentlich nach der Formel $MgO \cdot Al_2O_3$ zusammengesetzt, welche 28 $\%$ Magnesia und 72 $\%$ Thonerde erfordert, enthält aber auch wenig Chromoxyd (der rothe) oder Eisenoxyd (der blaue von Aker in Södermannland in Schweden, der grasgrüne sogen. Chlorospinell aus dem Chloritschiefer der Schischimsker Berge bei Slatoust am Ural), welches allmählich an Menge zunehmend zu den dunklen, dunkelgrünen, blauen, braunen bis schwarzen Vorkommnissen führt, in denen auch noch Eisenoxydul als Stellvertreter für Magnesia eintritt oder welche Eisenoxydul ohne Eisenoxyd enthalten.

Solche dunkle bis schwarze Spinelle, welche in Drusenräumen oder eingewachsen vorkommen, wie am Vesuv, im Albanergebirge bei Rom, am Monzoniberg in Tyrol, bei Warwick und Amity in New-York, bei Candy auf Ceylon u. a. O. werden unter dem Namen Pleonast z. Th. dem Spinell als Varietät zugezählt, z. Th. als eigene Species von ihm getrennt und zeigen bisweilen neben vorherrschend oktaedrischen Krystallen flächenreiche Combinationen.

Aehnliche schwarze Spinelle, welche auch Chromoxyd enthalten, im Lherzolith der Pyrenäen und anderen Olivin enthaltenden Gesteinen und in Serpentin vorkommen, werden Picotit genannt; ein an Chromoxyd reicher aus dem Dunit genannten Olivinfels der Dun-Mountains in Neuseeland Chrompicotit.

Alle Spinelle sind v. d. L. unschmelzbar und in Säuren unlöslich und zeigen je nach dem Gehalte an Eisen oder Chrom mit Borax oder Phosphorsalz die entsprechenden Reactionen.

An den Spinell reiht sich der körnige schwarze Hercynit von Ronsberg in Böhmen, welcher wesentlich $FeO \cdot Al_2O_3$ darstellt, H. = 7,5—8,0 und spec. Gew. gegen 4 hat, ferner der zuerst bei Fahlun in Schweden gefundene und Automolit oder Gahnit genannte Zinkspinell, $ZnO \cdot Al_2O_3$. Derselbe bildet eingewachsene Krystalle, Oktaeder und Combinationen wie der Pleonast, auch dieselben Zwillinge. Bei Franklin in New-Jersey fanden sich sogar bis 5 Centim. messende Hexaeder mit verschiedenen untergeordneten Gestalten. Er ist gewöhnlich dunkelgrün oder dunkelblau bis fast schwarz, undurchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 8 und spec. Gew. 4,3—4,9, ist v. d. L. unschmelzbar und giebt als Pulver mit Soda auf Kohle behandelt Zinkbeschlag. Ausser den beiden wesentlichen Bestandtheilen, Zinkoxyd und Thonerde enthält er auch wechselnde Mengen von Eisenoxydul, Magnesia oder Eisenoxyd, selbst Manganoxydul.

Durch die verschiedenen Stellvertreter können auch noch Zwischenglieder als Species aufgestellt werden, wie z. B. der Kreittonit von Bodenmais in Bayern und von Ornavano im Tocethale in Piemont und der manganreichere Dysluit von Stirling in New-Jersey.

11. Der Chrysoberyll, in der Zusammensetzung der Spinellgruppe entsprechend, $BeO \cdot Al_2O_3$ mit 19,7 $\%$ Beryllerde und 80,3 $\%$ Thonerde, auch etwas FeO oder Fe_2O_3 als Stellvertreter enthaltend, krystallisirt aber nicht tesseral, sondern orthorhombisch, isomorph mit Olivin. Die einfachsten Krystalle sind sechsseitig tafelförmige durch die vorherrschenden Querflächen in Verbindung mit den Längsflächen und dem Längsdoma $P\breve{\infty}$ (119° 46′), dessen Flächen mit den Längsflächen die Combinationskanten = 120° 7′ bilden, wesshalb die sechsseitigen Tafeln an hexagonale erinnern, durch die vertikale Streifung aber der Querflächen anzeigen, dass sie nicht hexagonale sind. Dazu treten auch die Flächen des Prisma $\infty P\breve{2}$, die Combinationskanten zwischen den Quer- und Längsflächen schief abstumpfend und gegen die Querflächen unter 136° 46′ ge-

neigt, sowie die Flächen der als Grundgestalt gewählten Pyramide P, die Combinationskanten zwischen den Querflächen und dem Längsdoma $P\breve{\infty}$ schief abstumpfend und gegen die Querflächen unter 136° 52′ geneigt. Die Endkanten von P sind im Vergleich mit dem P des Olivin = 86° 16′ und 139° 53′, die Seitenkanten = 107° 29′. Ausserdem zeigen sich in den Combinationen noch verschiedene andere Gestalten. Häufig sind Zwillinge nach $P\breve{\infty}$ und Drillinge. Die Spaltbarkeit ist unvollkommen, parallel den Längs- und Querflächen, der Bruch ist muschlig.

Der Chrysoberyll ist gelblichgrün, so spargel- und olivengrün, grasgrün, grünlichgrau, grünlichweiss, auch smaragdgrün (der sogen. Alexandrit, in Chloritschiefer an der Tokowaja im Ural, östlich von Katharinenburg, der selbst ziemlich grosse hexagonal erscheinende Drillinge bildet, welche bei auffallendem Lichte smaragd- bis grasgrün, bei durchfallendem Lichte, besonders bei Kerzenlicht colombinroth sind). Er ist durchsichtig bis durchscheinend, trichromatisch und zeigt bisweilen bei gelblichgrüner Farbe einen bläulichen Lichtschein (desshalb der als Edelstein benützte Cymophan genannt), H. = 8,5, spec. Gew. = 3,65 bis 3,8. Er ist v. d. L. unschmelzbar, giebt mit Borax oder Phosphorsalz geschmolzen, langsam darin verschmelzend farblose Gläser. Das mit Kobaltsolution befeuchtete und geglühte Pulver wird blau. In Säuren ist er unlöslich, wird aber durch kaustisches und saures schwefelsaures Kali zersetzt.

Das schon seit alter Zeit in durchsichtigen und schön gefärbten Varietäten als Edelstein benützte und geschätzte Mineral ist nicht häufig, findet sich eingewachsen in Glimmerschiefer bei Marschendorf in Mähren, in Granit bei Haddam in Connecticut u. a. O., lose in Brasilien und Ceylon.

12. Der Korund (die Thonerde Al_2O_3) isomorph mit Hämatit, hexagonal, rhomboedrisch hemiedrisch, dessen Krystalle sich eingewachsen oder lose finden, als Geschiebe und Körner, mehr oder weniger abgerundet und von verschiedener Grösse. Auch finden sich individualisirte Massen, krystallinisch-, grob- bis feinkörnige Aggregate. Die Grundgestalt ist ein wenig spitzes Rhomboeder R, dessen Endkanten = 86° 4′ sind und nach dessen Flächen das Mineral mehr oder weniger vollkommen spaltbar ist, sowie nach oR. Die Krystalle sind vorherrschend pyramidal oder prismatisch oder rhomboedrisch. Die hexagonalen Pyramiden sind diagonale, unter ihnen die häufigste $\frac{4}{3}P2$ mit dem Seitenkantenwinkel = 122° 22′, welche auch allein vorkommt oder auch spitzere, wie $\frac{8}{3}P2$, $4P2$ und $9P2$, bisweilen zwei oder mehrere mit einander; dazu treten auch die Basisflächen und das Rhomboeder R. Die prismatischen zeigen das diagonale Prisma $\infty P2$ begrenzt durch oR; dazu tritt als Abstumpfung der Combinationskanten die Pyramide $\frac{4}{3}P2$, als Abstumpfung der abwechselnden Endkanten letzterer auch R. Die rhomboedrischen Krystalle werden meist durch R in Combination mit oR gebildet. Der Korund ist wesentlich farblos bis weiss, meist aber gefärbt, besonders durch etwas Eisenoxyd oder andere Stoffe, sowie Beimengungen, bläulichweiss bis blau (Sapphir), röthlichweiss bis roth (Rubin), gräulichweiss bis grau, gelb bis braun, Krystalle auch zwei- oder mehrfarbig, glasglänzend, auf den basischen Spaltungsflächen perlmutterartig, durchsichtig bis fast undurchsichtig, spröde, hat H. = 9, spec. Gew. = 3,9—4,0. Ist v. d. L. unschmelzbar, giebt mit Borax oder Phosphorsalz langsam und schwierig verschmelzend farbloses klares Glas, wird als Pulver mit Kobaltsolution befeuchtet und stark geglüht blau. In Säuren ist er unlöslich, giebt mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen eine im Wasser vollkommen lösliche Masse.

Die schön blau oder roth gefärbten durchsichtigen Krystalle oder Körner, die Sapphire und Rubine sind seit alter Zeit hochgeschätzte Edelsteine, doch werden auch anders gefärbte als solche geschliffen; die unrein gefärbten, mehr oder weniger durchscheinenden Vorkommnisse, oft Diamantspath genannt, werden wie die körnigen (der sogen. Schmirgel) als Schleifmaterial und zum Poliren von Edelsteinen benützt; auch in der Uhrenfabrikation findet der Korund Verwendung zu Zapfenlagern der Spindeln.

Ausser lose im Schuttlande oder in Sand vorkommenden Korunden (wie in Hinterindien, auf Ceylon, in Minas geraes in Brasilien, bei Miask und Slatoust am Ural u. a. O.) findet sich der Korund eingewachsen in verschiedenen Gesteinen, wie Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Dolomit, Marmor, Basalt u. a. Die Krystalle sind klein bis gross, selten sehr gross, wie auf der Culsageegrube in Nord-Carolina in Nord-Amerika, bis 300 Pfund schwer. Der körnige Aggregate bildende Schmirgel findet sich derb und eingewachsen bis eingesprengt, wie in körnigem Kalk auf Naxos und Samos im griechischen Archipel, in Glimmerschiefer am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen, in Chloritschiefer bei Katharinenburg am Ural, auch bei Smyrna und Kulah in Klein-Asien, bei Chester in Massaschusetts u. a. O., oft von Magnetit und anderen Mineralen begleitet. — Bemerkenswerth ist, dass der Korund durch Umwandlung verschiedene Minerale bildet, wie Diaspor, Spinell, Disthen, Muscovit, Margarit, Oligoklas u. a.

13. Der Diamant (Demant). Das härteste unter allen Mineralen und als Edelstein besonders hoch geschätzt, findet sich meist krystallisirt, sehr selten derb, klein- bis feinkörnige Aggregate bildend.

Er krystallisirt tesseral, bisweilen tetraedrisch-hemiedrisch und die Krystallflächen sind gewöhnlich convex gekrümmt. Er bildet häufig das Oktaeder oder die Combination der beiden Gegentetraeder, das Rhombendodekaeder, verschiedene Tetrakishexaeder, Tetrakontaoktaeder, Triakistetraeder, selten das Hexaeder, dessen Flächen rauh oder drusig erscheinen, und Deltoidikositetraeder. Häufig sind Zwillinge nach O und Penetrationszwillinge mit parallelen Achsen. Die Krystalle sind oft unregelmässig ausgebildet und gewöhnlich einzelne. Der Diamant ist vollkommen spaltbar parallel den Oktaederflächen, was besonders für die Diamantenschleifer sehr wichtig ist und hat muschligen Bruch.

Der Diamant ist wesentlich farblos und durchsichtig, häufig gefärbt, grau, braun, gelb, seltener grün, roth oder blau, am seltensten schwarz, gräulich- oder bräunlichschwarz (der körnige, das sogen. Carbonat der Steinschleifer), eigenthümlich glänzend, daher diese Art des Glanzes als Diamantglanz unterschieden wurde, durchsichtig bis undurchsichtig, spröde, hat die höchste Härte, die als zehnter Härtegrad in der MOHS'schen Härteskala aufgestellt wurde. Das spec. Gew. ist = 3,5—3,6. Er ist Kohlenstoff, vollkommen rein oder mit sehr geringen Mengen fremder Substanzen. Nach DUMAS und STAS betragen diese nur $\frac{1}{2000}$ bis $\frac{1}{500}$. Nur bei den feinkörnigen Aggregaten bleibt nach dem Verbrennen im Sauerstoffgas etwas gelbliche Substanz zurück, die als Beimengung enthalten ist. Der Diamant verbrennt bei sehr hoher Hitze in Sauerstoffgas zu Kohlensäure, während er nach G. ROSE sehr stark erhitzt bei Abschluss der Luft in Graphit übergeht. Beim Erhitzen mit Chromsäure wird das sehr feine Pulver aufgelöst, d. h. in Kohlensäure verwandelt.

Der Diamant findet sich vorzugsweise im aufgeschwemmten Lande und im Sande von Flüssen, gewöhnlich mit anderen Edelsteinen, auch mit Gold und

Platin, besonders seit den ältesten Zeiten in Vorder-Indien, auch auf Borneo und Sumatra, in Minas geraes in Brasilien, am Ural bei Krestowodwischensk, in der Sierra Madre in Mexiko, in Californien und Arizona, bei Sikatlory in Australien, im südöstlichen Afrika, in Transval bis an den Limpopo. In Brasilien findet er sich auch eingewachsen in dem Cascalho genannten, durch Brauneisenerz verkitteten Quarzconglomerat, sowie in einem Itacolumit genannten Glimmer führenden Quarzschiefer, desgl. in Georgia und Nord-Carolina, in Süd-Afrika in einem Olivin enthaltenden Diabas- oder Serpentingestein, in Madras in Ost-Indien in einem Pegmatit, welcher Granite und Gneisse durchsetzt.

Das durch seine hohe Härte, seinen Glanz, durch starke Lichtbrechung und Farbenzerstreuung und das dadurch erzeugte Farbenspiel ausgezeichnete Mineral steht als Edelstein im höchsten Werthe, die gefundenen Krystalle und Stücke solcher sind nicht gross. Die Grösse wird nach dem Gewicht bestimmt, nach Karaten (1 Karat etwa = 200 Milligrm). Diamante von 12 bis 20 Karat sind nicht häufig, grössere gehören zu den Seltenheiten. Ueber 100 Karat kennt man wenige, der grösste im Schatze des Rajah von Mattan auf Borneo wiegt etwa 360 Karat und hat die Form und Grösse eines quergetheilten Hühnereies, als Hälfte eines doppelt so grossen Krystalles. Ein geschliffener Diamant von 1 Karat Gewicht wird auf 180—220 Mark geschätzt, bei grössern steigt der Preis mit dem Quadrat des Gewichtes, bei Steinen über 20 Karat in viel höherm Maasse. Die Preise wechseln auch nach der Farbe, die farblosen und vollkommen durchsichtigen sind die werthvollsten. Wegen der Schliffformen, die auch den Preis beeinflussen, s. Artikel Edelsteine.

Spongien

von

Dr. Friedr. Rolle.

Die Spongien oder Schwämme, *Spongiae, (Spongozoa, Amorphozoa)*, sind nieder organisirte, in erwachsenem Zustande schleimige und bisweilen ungestalte Lebewesen, die dem ersten Anschein nach noch sehr zwischen Pflanzen- und Thiernatur schwanken, in früheren Zeiten auch allgemein dem Pflanzenreich zugerechnet wurden, dann eine Zeit lang als unsichere Anfangsformen des natürlichen Systems hin und her wanderten.

Sie sind aber wahre Thiere, wie dies namentlich ihre Entwicklungsgeschichte gelehrt hat, und nicht Mittelformen zwischen Pflanze und Thier, sondern vielmehr eine an die Protisten oder Protozoen, namentlich die Amoeben, anknüpfende niedere Stufe des Thierreichs und Vorläufer der Hydren, Quallen und Anthozoen. Ihre Embryonen sind bereits wahre Thiergestalten und durchlaufen einige Entwicklungsstadien, namentlich die Morula- und die Gastrula-Stufe, die sich dann bei allen höheren Thierklassen, auch noch bei den Wirbelthieren und dem Menschen in einer frühen Stufe des Embryonallebens — mehr oder minder getreu — wiederholen und die uralte Blutsverwandtschaft noch an jedem neu entstehenden Individuum in unverlöschlichen Zügen documentiren.

Von dieser hochansteigenden Stammesverwandtschaft lässt die Gestalt und Zusammensetzung des erwachsenen Schwammes noch nichts ahnen. Sie sind fast alle Meeresbewohner, nur die Spongillen Süsswasserbewohner. Es sind meist festgewachsene, nur geringe Bewegungserscheinungen zeigende, oft aus zahlreichen,

bisweilen vielgestaltigen Personen bestehende Stöcke — oder Gemeinden, Colonien, *cormi* — Anhäufungen nackter amoebenartiger Zellen, welche ein Gesellschaftsleben führen und meist frühzeitig schon in eine schleimige Sarkode-Masse (rückgebildete Sarkode, auch Sarkodine genannt) zusammenschmelzen. Ein gemeinsames Canal-System, welches durch feinere Canäle Wasser mit gelegentlich beigemengten Nahrungsstoffen einzieht und nachmals durch grössere Ausströmungsöffnungen oder Oscula wieder abgiebt, durchzieht meist die vielgestaltige Amoeben-Gemeinde und soviel Oscula man an ihrer Oberfläche ausmünden sieht, soviel besondere Personen oder Individuen nimmt man im Stocke an. Oft wird auch die Entscheidung darüber schwierig.

Andere Spongien stellen festgewachsene oben geöffnete Säcke dar, deren Canalsystem nur eine einzige Auswurfsöffnung hat. Diese betrachtet man als einfache Personen.

Einige Spongien, die Myxospongien, bestehen nur aus einem weichen Haufwerk verschmolzener amoebenartiger Zellen oder schleimiger Sarkode ohne alle harten Theile.

Andere Spongien und zwar die grosse Mehrzahl scheiden bereits härtere Gebilde in Form von Fasern, Nadeln, Sternen, Ankern u. s. w. aus und bilden dabei oft ein zusammenhängendes festes Skelett, welches die leicht vergängliche Sarkode lange übersteht.

Diese festen Ausscheidungen der Schwämme sind in vielen Fällen eine hornartige Substanz, ein festes elastisches Eiweiss-Derivat (Fibroin, Spongin). Dies ist der Fall bei den Hornschwämmen, *Ceratospongiae,* zu welchen namentlich der gebräuchliche Badeschwamm des Mittelmeeres *(Euspongia)* gehört.

Bei vielen anderen Schwämmen ist die Skelett-Ausscheidung kieselig. Dies sind die Kieselschwämme, *Silicispongiae.* Zu ihnen gehören die Süsswasserschwämme *(Spongilla)* und viele zum Theil in grosse Tiefen absteigende Meeresschwämme, wie *Hyalonema* und *Euplectella.* Abscheidung von Hornfasern und von Kieseinadeln kommt übrigens oft in denselben Stöcken zugleich vor.

Eine getrennte Stellung nehmen die Kalkschwämme, *Calcispongiae,* ein. Sie scheiden in ihrem Gewebe Kalk-Nadeln aus.

Ganz andere Gestalten und Vergleiche ergiebt die Entwicklungsgeschichte der Schwämme, das Ei, die Larve und die Ausbildung der festsitzenden Personen oder Personen-Gemeinde. Man kennt sie besonders von den Kalkschwämmen, namentlich der an den Küsten von Europa verbreiteten Gattung *Olynthus.*

Bei den Badeschwämmen entwickeln sich die Eier im Sarkode-Gewebe in der Nähe grösserer Ausführungsgänge. Das reife Ei ist eine nackte und bewegliche, ausgezeichnet amoebenförmige Sarkode- oder Protoplasma-Zelle mit einem Zellkern und einem Kernkörperchen. Sie hat keine eigene Hülle und kriecht wie eine Amoebe[1]) vermittelst beständig wechselnder Pseudopodien oder Scheinfüsschen einher. Anfänglich hielt man diese beweglichen im Schleimgewebe der Spongien wandernden Eizellen wirklich für fremde parasitisch lebende Amoeben, aber die anhaltende Beobachtung ergab an ihnen — ähnlich wie am Ei aller höheren Thierklassen — eine bald eintretende Ei-Furchung oder unvollständige Zelltheilung, die zur Ausbildung eines vielzelligen Organismus, gleichsam einer Amoeben-Gemeinde führt.

Erst entstehen aus dem Zellkern zwei neue Kerne. Dann theilt sich auch

[1]) Ueber Amoeben vergl. die Rhizopoden, Band III. pag. 168.

die Sarkode in zwei Klumpen ab, die aber dicht an einander haften bleiben. Diese Zelltheilung setzt sich dann weiter fort. Aus jeder Zelle entstehen zwei Tochterzellen, eine jede kernhaltig. Aus dem einzelligen Ei geht dadurch ein Zellgewebs-Körper von 2, dann 4, 8, 16, 32, 64, 128 und mehr Tochterzellen hervor. Sie sind alle gleichartig, alle kernhaltig und bleiben dicht an einander haften. Dies ist die zweite Entwicklungsstufe der Spongien, ein kugelförmiger Zellhaufen von einer gewissen Aehnlichkeit mit einer Maulbeere oder einer Brombeere. Das ist die Morula, und auf dieser Stufe steht die werdende Spongie einer zusammenhaftenden Gemeinde von coordinirten Amoeben gleich.[1]) Die Morula-Stufe wiederholt sich dann bei allen höheren Thierklassen in ähnlicher Weise, den verwandtschaftlichen Faden deutlich genug offenbarend. Nackt wie bei den Schwämmen ist die Morula auch noch bei den Medusen. Innerhalb einer besonderen Eihülle *(Chorion)* liegt die Morula bei Säugethieren.

Die dritte Stufe der Entwicklung entsteht bei den Schwämmen dadurch, dass sich im Mittelpunkt der Morula eine klare Flüssigkeit ansammelt und deren Menge allmählich zunimmt. Das Zellgewebe weicht ihr aus. So entsteht aus der Morula eine kugelige Blase, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gedrängten Zellen besteht. Diese Hohlkugel ist die Blastula.

Darauf folgt bei Schwämmen, sowie bei Medusen, Anthozoen und anderen niederen Thierklassen die Stufe der Gastrula oder Darmlarve, die sich dann in mehr oder minder ähnlicher Weise auch in den höheren Thierklassen wiederholt. Die Gastrula der Spongien, früher »der bewimperte Embryo« genannt, ist eine aus dichtgedrängtem, aber bereits in zwei Ordnungen sich differenzirendem Zellgewebe bestehende kugelige oder eiförmige hohle und an einem Pole geöffnete Blase mit doppelschichtiger Wand. Sie geht aus der Blastula-Stufe durch Verschiedentlichung zweier Pole und Einstülpung des einen derselben hervor. Die eingestülpte Hälfte der Blase berührt zuletzt die andere gewölbt bleibende Hälfte. Die Wand wird dadurch doppelschichtig.

Die so entstandene Gastrula oder Darmlarve besteht aus zwei bereits in Gegensatz getretenen Zellenschichten. 1. Die innere Zellschicht ist das Entoderma oder Darmblatt. 2. Die äussere Zellschicht ist das Exoderma oder Hautblatt.

Bald wächst die Verschiedentlichung beider Blätter. Die Zellen des Exoderms treiben demnächst fadenförmige Anhänge hervor, die in Bewegung treten und beständig schwingen. Dies sind die Flimmerhaare oder Geisseln. Die Höhlung der Gastrula ist der Urdarm oder die primitive Darmhöhle, der Urmagen. Die Oeffnung der Gastrula, die bei der Einstülpung der Blastula-Wand übrig bleibt, ist der Urmund oder die primitive Mundöffnung. Die Gastrula-Stufe ist von den Spongien an — mehr oder weniger getreu — bei allen höheren Thieren vertreten. Zweischichtig bleibt sie bei den Spongien. Drei- und vierschichtig wird sie bei den höheren Thieren — bis zum Menschen hinauf.

Bei jenen Schwämmen, bei denen Ei und Morula sich im schleimigen Sarkode-Gewebe ausbilden, wie z. B. bei den Badeschwämmen, verlässt die Larve in der Gastrula-Stufe den Stock unter Durchbrechung der Wand der kleinen Höhle, in der sie heranwuchs und führt von da an ein selbständiges freies Leben.

Aus der Gastrula entsteht bei den Spongien, Medusen und Anthozoen die Ascula-Form. Die bis dahin frei umhergeschwärmte Gastrula setzt sich mit dem

[1]) E. HAECKEL, Anthropogenie. Leipzig 1874, pag. 146, 157 u. s. w.

geschlossenen (dem Munde entgegengesetzten) Körperpole an einer fremden Unterlage fest und streckt sich schlauchartig. Sie verliert dabei die Flimmerhaare oder Geisseln des Exoderms. Dieser immer noch sehr einfache schlauchartige Larvenkörper, der mit dem der Mündung entgegengesetzten Pole festsitzt, ist die Ascula.

Von dieser Stufe gehen bei den Spongien verschiedene Wege der weiteren Entwicklung, beziehungsweise der rückschreitenden Metamorphose, aus. Ihr Ergebniss kann eine einzige selbständige Person sein. Oder aus einer solchen kann noch durch Knospung ein auf mehr oder minder viele Personen sich belaufender Stock hervorgehen. Es können auch die Personen eines Stockes einander näher rücken und dabei noch eine gemeinsame Ausmündung oder Ausströmungsöffnung ausbilden.

Eine einfache schlauchförmige Person mit einer einzigen Mundöffnung ist der aus der Ascula hervorgehende reife Schwamm z. B. bei der Gattung *Olynthus*, Ordnung der Kalkschwämme. Die Körperwand, bezw. Magenwand, ist nur durch einfache Hautporen — Parenchym-Lücken — unterbrochen. Sie leiten einen beständigen Wasserstrom in den Hohlraum des Körpers oder Magen hinein, aus welchem er durch die Mundöffnung und Auswurfsöffnung, Osculum, wieder hervortritt. Diese Gattung *Olynthus* stellt eine der primitivsten Schwammformen dar, die noch der ältesten Stammform sehr nahe steht.

Viel zusammengesetzter sind die grossen und vielgestaltigen Stöcke der gebräuchlichen Badeschwämme, Gattung *Euspongia*, Ordnung der Hornschwämme. Bald nachdem die Ascula derselben sich festgesetzt hat, breitet sie sich auf ihrer Unterlage aus und wird kuchenförmig. Dabei ändert sich der Bau des Zellgewebes. Die Zellen der freien Oberfläche platten sich ab. Im Innern des Körpers dagegen wird das Zellgewebe zu einer gallertartigen Sarkodemasse (rückgebildete Sarkode, Sarkodine).

In dieser lockeren Körpersubstanz bilden sich dann eine Anzahl kleiner einfacher kugeliger Aussackungen der Binnenhöhle, die sogen. Ampullen. An der Innenfläche jeder Ampulle treiben zugleich die Zellen Flimmerhaare oder Geisseln hervor. Es entsteht also ein Geisselepithel. Die Geisseln beginnen alsbald ihr flimmerndes Spiel und treiben Wasser in die gemeinsame Höhle hinein. Davon wird die äussere freie Wand mehr und mehr aufgebläht. Schliesslich überwiegt die Ausdehnung und die Wand reisst an einer schwächeren Stelle auf. Dieser Einriss ergiebt nun einen Ausweg für das vom flimmernden Geisselepithel hereingewirbelte Wasser. Damit ist eine bleibende Ausflussöffnung — also das erste Osculum — geschaffen. Daran schliesst sich dann bei der Mehrzahl der Horn- und Kieselschwämme die Ausbildung eines noch weiter zusammengesetzten zu- und ableitenden Canalsystems durch Fältelung und Verwachsung. Auch noch bei erwachsenen Horn- und Kieselschwämmen erscheint jede Ampullenregion als Grenzlager zwischen dem Gebiete eines zuführenden und dem eines ableitenden Canalsystems.

Uns interessirt beim Aufbau des reifen festsitzenden Schwammkörpers besonders die Bildung des festen Skeletts. Sie ist ein Werk des Exoderms. Das Skelett ist aber nie eine äussere Abscheidung, sondern stets ein Produkt von innerer Sarkode- oder Sarkodine-Substanz. Man war lange im Zweifel, ob diese Skelett-Theile der Spongien im Inneren von Zellen entstehen oder nicht. Die Entwicklungsgeschichte hat dies entschieden. Wenn die skelettbildende Sarkode noch in Form einer selbständigen und mit einem Kern versehenen Zelle ver-

harrt, entstehen die Skelettnadeln im Inneren dieser Zelle. Wenn aber die Umbildung der betreffenden Zellen in Sarkode — also in rückgebildete Sarkode oder Sarkodine — bereits vollzogen ist, entstehen die Skeletttheile im Inneren der weichen Gallertmasse.

Was den feineren Bau des Hornfaser-Gerüstes der Badeschwämme, Ordnung Hornschwämme, betrifft, so stellt die mikroskopische Untersuchung heraus, dass dieses elastische Skelett erstlich aus langen geraden dickeren Bälkchen, den sogen. Hauptfasern, die eine radiäre Stellung einnehmen, besteht, zweitens aus weit dünneren und kürzeren Bälkchen. Dies sind die Verbindungsfasern. Sie spannen sich als unregelmässiges Netzwerk zwischen den benachbarten Hauptfasern aus und bilden mit ihnen ein zusammenhängendes Gerüst. Sämmtliche Hornfasern bestehen der Hauptmasse nach aus concentrisch-geschichteten Lamellen von verschiedener Dicke und sind sonst ohne besondere Structur. Doch erkennt man in der Achse der Faser in der Regel einen unterscheidbaren dünnen Achsenstrang. Manche Fasern, namentlich die geraden Hauptfasern, enthalten auch fremde eingeschlemmte Körperchen (Sandkörnchen, Nadeln von Kieselschwämmen u. dgl.). Im Allgemeinen stehen die Fasern oder Bälkchen des Gerüstes untereinander in geschlossenem Verband und ihre Achsenstränge gehen ineinander über. Seltener legen sich einzelne Verbindungsfasern mit verbreitertem Ende zur Seite einer anderen Faser an, ohne dass die Achsenstränge ineinander münden.

Was das Verhältniss des Hornfasergerüstes unserer Badeschwämme zum weichen Sarkodekörper betrifft, so liegen die Fasern im Inneren des Stockes in reichlicher Gallertmasse mit zerstreuten sternförmigen oder unregelmässig rundlichen Zellen. Aber näher der Oberfläche desselben sind die Hornfasern noch viel feiner und gleichen zu äusserst dem Achsenstrang der ausgebildeten Faser. Diese noch in Bildung begriffenen Hornfasern sind auch von anders gestalteten Zellen umgeben. Es sind dicht gedrängte cylindrische Zellen, welche mit abgestutztem Ende unmittelbar auf der Hornfaser ansitzen. Sie bilden als einschichtiges Lager eine röhrenförmige Hülle um dieselbe. Diese cylindrischen Zellen setzen die äusseren Lamellen der Hornfaser ab. Darnach rücken sie von der Faser ab und nehmen dann die sternförmige Gestalt der übrigen Zellen des Sarkode-Gewebes an. Ueberhaupt erfolgt also die Bildung und Verdickung der Hornfasern der Badeschwämme in einer der Oberfläche des Stockes genäherten Schicht und die peripherischen Theile des Schwammfasergerüstes sind immer das jüngste Gebilde desselben.

Bei den Kieselschwämmen sondern sich in ähnlicher Weise im Inneren von Zellen oder aus schleimiger Gallerte Kieselnadeln oder andere Kieselkörper von mehr oder minder regelmässiger Gestalt ab, die sich in bestimmter Ordnung gruppiren, ohne aber immer in ein zusammenhängendes Gerüst zu verwachsen. Namentlich treten bei einem Theile der Kieselschwämme hohle Kieselnadeln zu einem maschigen Gitterwerk zusammen. Sie kreuzen sich rechtwinklig. Je sechs Strahlen vereinigen sich in drei Achsen an einem Mittelpunkt und bilden hier bald eine knotenförmige Verdickung, bald ein hohles Oktaëder. Dies sind die Hexactinelliden, die heutzutage in grossen Meerestiefen leben.

Die von den Kieselschwämmen ausgesonderte Kieselsäure ist gleich wie die der Diatomeen und die der Radiolarien die lösliche Modification derselben — amorphe wasserhaltige Kieselsäure — welche die Eigenschaft besitzt, sich schon bei gewöhnlicher Temperatur in ätzenden, langsamer auch in kohlensauren

Alkalilösungen aufzulösen. Sie erhält sich daher nicht in allen Bodenschichten, sondern schwindet in Felslagern, in denen alkalische Reaction herrscht.

Alle Schwämme sind Wasser- und zwar bei weitem die Mehrzahl Meeresbewohner, nur in frühen Entwicklungszuständen frei beweglich, während des ganzen übrigen Lebens auf einer fremden Unterlage aufgewachsen. Sie finden sich sowohl in tropischen, als auch in kälteren Meeren und in verschiedenen Tiefenzonen, manche in seichtem Wasser und bis zur oberen Grenze des Fluthstandes, andere in den grössten überhaupt belebten Meerestiefen.

Hornschwämme lieben Tiefen von 15—50 Faden (27—91 Meter), Badeschwämme werden aber noch durch das Schleppnetz aus Tiefen von 150 bis 200 Meter emporgebracht. In der Nähe der Mündung grosser Flüsse, z. B. des Nils werden die Badeschwämme selten oder verlieren sich ganz, offenbar in Folge des reichlich zuströmenden süssen Wassers.

Die Kalkschwämme sind Bewohner seichter Meeresstrecken.

Kieselschwämme finden sich sowohl an seichten Stellen als auch in grossen Tiefen. Letzteren gehören namentlich die Hexactinelliden an, die von 100—1000 Faden (183—1829 Meter) und in noch grösseren Tiefen beobachtet wurden.

Unter den meerischen Kieselschwämmen giebt es auch eine Anzahl kleinerer sogen. Bohrschwämme wie *Cliona*, welche sich in Kalkstein, Molluskenschalen, Korallenstöcke u. s. w. einbohren. Sie höhlen sich dann in geringer Tiefe unter der Oberfläche und mit dieser parallel verästelte Canäle aus, die sie mit ihrem ganzen Körper ausfüllen. Diese Bohrschwämme finden sich in der oberen Meereszone.

Im süssen Wasser wohnen nur die zu den Kieselschwämmen gehörenden und einfache lose Kieselnadeln erzeugenden Spongillen. Sie finden sich zuzusammen mit Diatomeen u. s. w. — sowohl in langsam fliessendem Süsswasser als auch in Sümpfen.

In fossilem Zustand kennt man Meeresschwämme vom silurischen Systeme an fast in allen Hauptformationen. Doch ist ihre Erhaltung sehr abhängig von der Gesteinsbeschaffenheit der einzelnen Meeres-Ablagerungen und in zahlreichen Lagerstätten sind ihre Reste offenbar einer nachträglichen Auflösung wieder erlegen, in anderen Fällen ist ihr Erhaltungszustand je nach den chemischen Processen, die über sie ergangen sind, ein sehr verschiedenartiger. Fossile Erhaltung von Hornschwämmen ist überhaupt noch zweifelhaft. Desto reichlicher ist das Vorkommen mannigfaltiger Kieselschwämme, wie auch einzelner Kalkschwämme in besonderen Lagern, namentlich des oberen Jura und der Kreideformation, in denen sie unter allerlei auffälligen Gestalten wie als Becher, Trichter oder Hutpilze oft die vorwaltenden Einschlüsse darstellen. Dahin gehören besonders die mächtigen Spongitenlager im oberen Jura der Schweiz, Schwabens und Frankens, die namentlich der Oxfordstufe angehören. Diese Spongiten-Anhäufungen bilden kleinere und grössere Nester in mergeligen Kalkabsätzen und erreichen stellenweise 30 Meter Mächtigkeit und darüber. Sie bestehen besonders aus Resten von Kieselschwämmen von sechsstrahligem Kieselgerüste oder Hexactinelliden, deren heute lebenden Vertreter besonders in Tiefen zwischen 100 und 600 Faden (183 und 1097 Meter) gefunden werden, auch in noch grössere Tiefen hinabreichen. Man hat darnach Grund zur Annahme, dass die Spongitenlager des oberen Jura Absätze einer ziemlich ansehnlichen Meerestiefe sind, die mindestens 100 Faden, 183 Meter, betragen haben mag.

Kalkschwämme bewohnen seichtere Meeresregionen. Fossil finden sie sich

besonders in den mergeligen Triasschichten (dem unteren Keuper) von St. Cassian in Tyrol, in mehreren kalkigen oder mergeligen Lagern der Néocomien-Stufe z. B. bei Neuchatel, Braunschweig u. a. O.

In den Meeresablagerungen der verschiedenen Stufen des Tertiärsystems sind über ganz Europa die marinen Spongien nur gering vertreten, was zum Theil auf Rechnung des Umstandes kommt, dass in diesem Gebiete überhaupt Tiefsee-Absätze wenig oder gar nicht mehr zur Hebung gelangten.

Kieselschwämme finden sich in fossilem Zustande in der Regel noch verkieselt und Kalkschwämme gewöhnlich noch verkalkt. Doch kommt auch der entgegengesetzte Fall vor. Dies hängt von der Zusammensetzung des Lagers und den besonderen Einflüssen ab, denen die in demselben eingestreuten Fossilien unterworfen waren. In manchen Fundstätten der oberen Kreide von Norddeutschland und England zeigen sich die Kieselschwämme noch sehr wohlerhalten. Behandelt man sie mit Salzsäure, so verbleibt ein Kieselskelett, welches noch ziemlich unversehrt die ursprüngliche Gestalt wiedergiebt. In anderen Lagern z. B. im oberen Jurakalk von Nattheim in Schwaben und von Muggendorf in Franken hat eine reichlichere Zufuhr von Kieselsäure stattgefunden. Hier, wo auch die Kalkschalen der Mollusken und die kalkigen Stöcke der Korallen als Kieselfossilien auftreten, erscheinen auch die Reste der Kieselschwämme mit überschüssiger Einlagerung von Kieselsäure behaftet und ihre feineren Theile zeigen sich mehr oder minder verunstaltet. In solchen Lagerstätten ergeben sich dann aber auch die Kalkschwämme vom Verkieselungsprocesse ergriffen und zeigen nun statt eines kalkigen ein ungestaltetes Kieselskelett. In anderen Lagern herrscht die Verkalkung der Fossilien, so namentlich in den oben erörterten Spongitenkalken von Schwaben, wie auch im Pläner von Sachsen und Böhmen. Hier sind auch die meisten Kieselschwämme verkalkt und hinterlassen bei Behandlung mit Salzsäure kein Kieselskelett mehr. Nach der Einhüllung des Schwammes in kalkige Gesteinsmasse, hat hier eine Auflösung der Kieselsäure — wahrscheinlich durch ein etwas kohlensaure Alkalien enthaltendes Wasser — stattgefunden. Dadurch entstanden zunächst Hohlräume im Gestein. Diese blieben dann theils offen, theils wurden sie durch Kalk oder durch braunen Eisenocher wieder ausgefüllt. Diese verschiedenen Erhaltungszustände der fossilen Schwämme haben eine Reihe von Jahren hindurch der richtigen Deutung derselben sehr im Wege gestanden. Sie knüpft sich erst an die Erforschung der tieferen Meereszonen und die Auffindung der in diesen noch lebenden Kieselschwämme an. Die Deutung der fossilen Formen ist namentlich durch ZITTEL's umfangreiche Forschungen mächtig gefördert worden.

Die dem Süsswasser angehörigen, durch einfache lose Kieselnadeln ausgezeichneten Spongillen sind aus den älteren Formationen nur spärlich erwiesen. Es sollen sich deren in Hornsteinknollen der Silur- und der Devonformation von New-York gefunden haben. Spongillen-Nadeln finden sich aber häufig in Süsswassergebilden der tertiären Formationen, namentlich in Diatomeen-Lagern, z. B. im sogen. Polirschiefer von Bilin in Böhmen und in der Kieselguhr von Oberohe in der Lüneburger Heide. EHRENBERG hat sie früher oft zu bestimmen versucht.

Von den verschiedenen Ordnungen der Spongien ist die der Myxospongien oder Schleimschwämme, *Myxospongiae*, wie es scheint, die primitivste. Es sind weiche, gallertartige Meeresschwämme mit eingestreuten amoebenartigen Sarkodezellen — ohne Hornfasern und ohne mineralische Skelettnadeln. Sie haben in Folge ihrer leicht vergänglichen Körperbeschaffenheit keine fossilen

Reste hinterlassen. Man darf aber — mit E. HÄCKEL — annehmen, dass die gemeinsame Stammform aller Schwämme ein solcher Schleimschwamm war, der die Form eines *Olynthus* hatte.

Bei der zweiten Ordnung, den Ceratospongien oder Hornschwämmen, *Ceratospongiae*, wird der weiche gallertartige Sarkodekörper durch ein festes elastisches, aus sogen. Hornfasern (Spongin-Fasern) bestehendes maschigfaseriges Skelett gestützt. Seinen Aufbau erörterten wir oben (pag. 323). Die Hornschwämme sind vorzugsweise Bewohner seichterer Meeresstrecken. Hierher gehören der wohlbekannte gebräuchliche Badeschwamm *Euspongia officinalis*, der im östlichen Mittelmeerbecken verbreitet ist, der mit demselben zusammen vorkommende Zimokka-Schwamm *Euspongia zimocca*, durch derberes und härteres Fasergeflecht ausgezeichnet, endlich der viel grössere durch feinere Fasern bezeichnete Pferdeschwamm *Hippospongia equina*, der im östlichen Mittelmeere und an Marokko vorkommt und 30—50 Centim. Durchmesser erreicht.

Die den gewöhnlichen chemischen Agentien zwar ziemlich gut widerstehende Hornfaser ist gleichwohl zu fossiler Erhaltung nicht sehr geeignet, sondern wird in Gesteinslagern entweder im Laufe der Zeit gänzlich aufgelöst oder sie wird günstigsten Falles in Kohle umgewandelt. Man kennt daher von Hornschwämmen fossile Reste noch nicht mit Sicherheit. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bezieht man auf Hornschwämme aber mehrere schwammähnliche Fossilien aus verschiedenen Formationen, welche Steinkerne sein dürften.

Dahin gehört namentlich *Spongites saxonicus* GEIN. Es sind spongienähnliche, cylindrische, gabelig verzweigte oder auch wulstförmig verdickte Fossilien der Kreideformation, besonders häufig im Quadersandstein von Sachsen und Böhmen. Die Oberfläche ist unregelmässig grubig. Sie werden über 1 Meter lang und 0,5—5 Centim. dick.

Rhizocorallium gehört der Trias an (obere Region des Buntsandsteins und untere Region des Muschelkalks). Es sind gebogene knollige oder walzenförmige und dann oft verästelte Wülste, deren Oberfläche eine netzförmige Zeichnung erkennen lässt, die einigermaassen an das Maschengewebe von Hornschwämmen erinnert. Das Innere zeigt keine Structur. Es können Steinkerne von Hornschwämmen sein. *Rhizocorallium Jenense* ZENK. ist besonders in Thüringen verbreitet.

Den Hornschwämmen schliesst sich die Ordnung der Nadelschwämme, *Raphispongiae, Monactinellidae* an. Ihr Körper besteht aus Sarkode-Parenchym, in welchem einachsige Kieselgebilde lose eingebettet liegen. Dazu kommt auch oft noch eine Ausscheidung von Hornsubstanz. Sämmtliche Kieselgebilde sind einachsige Gestalten, meistens gerade Nadeln, aber auch z. Th. Spindeln, Haken und Klammern. Die Nadelschwämme gehören meistens dem Meere an, es kommen deren auch in brackischen Gewässern vor. Hierher gehören endlich auch die das süsse Wasser bewohnenden Spongillen.

Die meerischen Nadelschwämme haben, da ihre kieseligen Skeletttheile nur durch leicht vergängliches Sarkodegewebe oder durch Hornfasern verbunden erscheinen, nur geringe Aussicht auf fossile Erhaltung in ursprünglichem Verband. Meist werden ihre losen Kieselgebilde von einander getrennt und sind dann zur Bestimmung wenig mehr geeignet. K. ZITTEL führt einige Gattungen von Monactelliniden auf, deren Skeletttheile sich in Zusammenhang erhalten fanden, eine dieser Gattungen stammt schon aus dem Kohlenkalk.

Hierher gehören auch die kleinen Bohrschwämme mit der Gattung *Cliona*

(Vioa), welche kieselige Nadeln und Schuppen führen. Sie bohren sich in Conchylien und Kalksteine ein. Sie bilden hier zahlreiche feinverästelte Gänge mit Kammern, die durch Verengungen untereinander in Verbindung stehen. Man findet solche von Bohrschwämmen netzförmig oder fiederförmig angefressene Conchylien häufig in tertiären Meeresablagerungen. Man kennt deren Spuren aber auch schon aus älteren Epochen, namentlich der Jura- und der Kreideformation.

Hierher gehören endlich auch die Süsswasserschwämme mit der Gattung *Spongilla*. Es sind gewölbte vielgestaltige, theils undeutlich gelappte, theils ästige Stöcke, die ein paar Centim. hoch werden und nur aus weicher Sarkode und lose eingebetteten Kieselnadeln bestehen. Sie finden sich in Flüssen, Flusstümpeln und Sümpfen, bald auf Steinen flächenhaft ausgebreitet, bald mehr gewölbt und gelappt, auch auf Holz u. dergl. aufsitzend, wo sie sich durch ihre grüne oder gelbgrüne Farbe zu erkennen geben. Ihre Skelettbildung beschränkt sich auf lange gerade, an beiden Seiten mehr oder minder zugespitzte hohle Nadeln, die sich nach der Auflösung der gallertigen Gewebemasse des Stockes trennen, dann aber allerdings lange forterhalten und den Bodenabsätzen des Süsswassers beimengen. Solche lose Spongillennadeln finden sich häufig in den Süsswassergebilden der tertiären Formationen und der jüngsten Epoche, namentlich aber in den Diatomeenlagern (Polirschiefer und Kieselguhr).

Die Ordnung der Tetractinelliden *Tetractinellidae*, begreift meerische Kieselschwämme, die ausser einachsigen Nadeln noch anders gestaltete Kieselkörperchen, namentlich aber vierstrahlige Sterne und drei- oder sechsarmige Anker führen. Im Allgemeinen liegt das vierzählige Achsenkreuz einer regelmässigen dreiseitigen Pyramide zu Grunde, daran knüpfen sich aber dann noch mehr oder minder weit abschweifende Gestalten. Der Grundform entsprechen die Vierstrahler. Es sind vierstrahlige Sterne mit einer Hauptachse und drei an deren einem Pole abgehenden Seitenachsen. In gewissen Fällen gelangt nun die Hauptachse nicht zur Entwicklung. Dadurch entstehen Dreistrahler. In anderen Fällen streckt sich die Hauptachse stabförmig, während die drei Seitenachsen kurz bleiben. Hierdurch entstehen dreiarmige Anker. Bei diesen können sich die Arme auch noch gabeln. Damit entstehen sechszinkige Anker.

Da diese Skelettbestandtheile nicht miteinander in Verband treten, beschränken sich die in den verschiedenen älteren und jüngeren Meeresformationen vorfindlichen Reste aus dieser Ordnung in der Regel auf vereinzelte Nadelsterne und Anker. Doch führt K. ZITTEL auch einige Tetractinelliden-Gattungen auf, von denen sich Körperumriss und Skeletttheile zusammen erhielten. Ihr Körper ist theils langgestreckt und abgeplattet, theils knollig oder krustenartig. Sie stammen aus der Kreideformation. Andere Tetractinelliden kennt man bereits aus dem Kohlenkalk.

Reichlicher durch deutliche Fossilreste vertreten ist die vielgestaltige Ordnung der Lithistiden, *Lithistidae*. Sie stehen den Tetractinelliden noch sehr nahe in der Grundform der Elemente des festen Skeletts, aber meist werden diese unregelmässig, ästig, zackig und dornig, verflechten sich untereinander durch wurzelartige Fortsätze und bilden dabei ein zusammenhängendes Gerüste, was die fossile Erhaltung des ganzen Schwammkörpers in ursprünglicher Gestalt sehr begünstigt.

Die Lithistiden sind feste steinartig verwachsene Kieselschwämme von sehr mannigfaltiger äusserer Form, bald Schüsseln oder Becher, bald Knollen, Cylinder

oder Birnen, seltener ästige Büsche. Meist sind sie deutlich festgewachsen. Manche sitzen mit breiter Grundfläche auf. Andere sind länger oder kürzer gestielt und dann am Grunde noch mit Wurzelausläufern versehen. Noch andere bilden krustenartige Ueberzüge. Einige Lithistiden zeigen eine einzige enge centrale Körperhöhle mit einer einzigen scheitelständigen Ausströmungsöffnung, *Osculum*, und stellen dann eine einzelne Person dar. Die meisten Gattungen bilden aber zusammengesetzte Stöcke und zeigen mehr oder weniger zahlreiche zerstreute Oscula. Es erscheinen aber auch täuschende Mittelformen, wie *Jerea*, die zwar den Anschein einer einzelnen Person zeigen, aber sich durch zahlreiche Körperhöhlungen als Stöcke von ebensoviel Personen erweisen. Hier erscheint in der Achse des Stockes ein Bündel von parallelen Röhren, von denen jede am Scheitel mit einem einzigen Osculum ausgeht. Eine jede Röhre deutet eine besondere Person an. Das Kieselskelett der Lithistiden besteht aus mehr oder minder innig mit einander verflochtenen, bald noch deutlich vierstrahligen, bald ganz unregelmässigen, verkrümmten, verästelten, in Dornen oder in wurzelartige Ausläufer übergehenden Bestandtheilen, die zuweilen ein maschiges Netzwerk zusammensetzen. Manche Gattungen zeigen noch deutliche Vierstrahler, deren Arme in wurzelartig verästelte Ausbreitungen enden und sich mit denen der benachbarten verflechten. Zu diesem mehr oder minder unregelmässigen verästelten und verflochtenen Gerüste kommen bei vielen Lithistiden in der Rindenschicht des Körpers noch einachsige Nadeln und länger oder kürzer gestielte Anker. Diese sind theils dreizinkig, theils durch Gabelung der Zinken sechszinkig. Endlich kommen auch gestielte Scheibchen damit vor.

Die Lithistiden sind ausgezeichnete Tiefseebewohner und leben vorzugsweise in Tiefen zwischen 100 und 350 Faden (600 und 2100 engl. Fuss, 183 bis 640 Meter) tiefer als die Hornschwämme und die Kalkschwämme, ihrerseits aber oberhalb der Hauptregion der Hexactinelliden.

Die feste steinartig verwachsene Beschaffenheit ihres Kieselskeletts eignet sie sehr zu vollständiger fossiler Erhaltung. Sie finden sich auch in verschiedenen älteren Meeresablagerungen häufig fossil. Namentlich findet man sie in den Spongitenkalken des oberen Jura von der Schweiz durch Schwaben und Franken reichlich vertreten und oft in vielen Individuen zusammen abgelagert. In diesen Spongitenkalken erscheint aber meist ihr Kieselskelett geschwunden und durch nachträglich eingelagerten Kalk ersetzt. Unterhalb der Juraformation ist ihr Vorkommen noch nicht sicher erwiesen. Im oberen Jura spielen sie eine Hauptrolle, auch in der Kreideformation sind sie noch reich an Gattungen und Arten vertreten. Aber im Tertiärgebiet von Europa fehlen sie fast vollständig, was zunächst dem Umstande entspricht, dass hier seit Abschluss der Kreideepoche keine ausgezeichneten Tiefseegebilde mehr zur Hebung gelangten. Die tertiäre Vertretung der Lithistiden liegt noch in der Tiefe der Oceane verborgen und harrt auf die nächste Erhebung des Tiefseebodens.

Wir können aus der Zahl der Genera und Species der Lithistiden nur einige wenige hier näher erörtern.

Bei der Gattung *Cnemidiastrum* ZITT. hat der Körper die Gestalt eines Kreisels oder eines Kegels, kann aber auch einen Cylinder oder eine Schüssel darstellen. Er besteht meistens nur aus einer einzigen Person mit vertiefter Scheitelaushöhlung. Seltener erscheinen mehrere Personen zu einem Stocke verwachsen. Das Skelettgewebe besteht aus einem Gewirre von unregelmässigen, verästelten und dornigen Körperchen und wird von senkrechtstehenden Radial-

Lücken durchzogen, was dem Fossil je nach seinem Erhaltungszustand mehr oder minder das Aussehen gewisser Sternkorallen ertheilt. Die Radial-Lücken aber erweisen sich bei genauerer Betrachtung als senkrecht übereinander folgende Reihen von radial verlaufenden Canälen, allerdings ergiebt sich zuweilen auch in Folge vom Verfliessen derselben eine durchgehende offene Spalte. Gut erhaltene Exemplare zeigen an der äusseren und inneren Körperoberfläche ausserdem noch einen hautartigen Ueberzug, durch welchen die Radialcanäle ausmünden. *Cnemidiastrum stellatum* ZITT. (*Cnemidium stellatum* GOLDF.) bildet Kegel und Kreisel von 8 Centim. Höhe und darüber. Im Spongitenkalk des oberen Jura, Heuberge in Schwaben, Randen. Das Skelett findet sich hier fast immer verkalkt.

Hyalotragos ZITT. steht im Skelettbau der vorigen Gattung nahe, die strahlige Anordnung der Canäle ist aber nicht so stark ausgeprägt. Der Körper stellt eine Schüssel oder einen Trichter oder einen Kreisel dar, er ist nach unten zugespitzt oder kurz gestielt. Die vertiefte Oberfläche ist mit grösseren oder kleineren Ausströmungsöffnungen versehen. Die Aussenseite ist porös oder mit einer besonderen Deckschichte überzogen. In der Mitte der vertieften Oberseite verlaufen eine grössere oder geringere Anzahl senkrechter Röhren und durchziehen auch den Basaltheil des Körpers. Die Skelett-Theile sind ästige und zackige, mit einander verflochtene, hin und her gebogene Stämmchen. *H. patella* ZITT. (*Tragos patella* GOLDF.) findet sich häufig in den Spongitenkalken des oberen Jura, bes. am Randen bei Schaffhausen, in Franken und Schwaben. Die kieseligen Skelett-Theile sind meist in Kalk umgesetzt.

Platychonia ZITT. begreift blattförmige Schwammkörper, die meist die Gestalt eines Ohres zeigen und gebogen und gefaltet sind, selten schüssel- oder becherförmig werden. Die Oberfläche ist zu beiden Seiten mit Poren besetzt, das Skelett ein lockeres wirres Geflecht, das Canalsystem gering entwickelt. Die Skelett-Elemente sind ähnlich wie bei *Hyalotragos* und miteinander verflochten. *P. vagans* ZITT. (*Spongites vagans* QUENST.) ist häufig im Spongitenkalk des oberen Jura, besonders an der Lochen zu Balingen.

Chenendopora LAMX. begreift Schwammkörper von Becher-, Trichter- oder Napf-Gestalt, sie sind dickwandig und meist gestielt. Die obere oder innere Seite zeigt kleine Oscula oder Ausmündungen von Canälen. In der Mitte verlaufen die Canäle steiler oder senkrecht und ziehen in den Stiel hinab. Die äussere Seite ist porös oder mit einer runzligen Deckschichte überzogen. Das Skelett besteht aus verästelten knorrigen und warzigen Kieselkörperchen. *Ch. fungiformis* LAMX. wird 10—12 Centim. hoch und findet sich häufig in der oberen Kreide (*Et. senonien*) der Touraine und der Normandie, sie erscheint meist von Feuerstein ausgefüllt.

Siphonia PARK. (*Choanites* MANT.) bildet Körper von der Gestalt einer Feige, einer Birne oder eines Apfels, zuweilen ist er etwas gelappt und meist gestielt. Er zeigt eine tiefe Centralhöhle. An deren Oberfläche münden zahlreiche Canäle und zwar meist in Längs- und Querreihen geordnet. Im Stiel verlaufen diese Canäle senkrecht und reichen bis in die Wurzel hinab. Die Skelettelemente sind deutliche Vierstrahler. Ihre vier Arme sind glatt oder mit schwachen Höckern besetzt und an den Enden in 2—3 oder mehr Aeste gegabelt. Diese letzteren gehen in wurzelförmige Fortsätze aus. Die Fortsätze der einander benachbarten Vierstrahler verflechten sich miteinander. In der Regel folgen sich diese Vierstrahler in Reihen übereinander, wobei ihre verflochtenen Fortsätze radiale Bänder

hervorbringen. Die Siphonien sind in der mittleren und der oberen Kreide sehr verbreitet und erscheinen hier häufig in Feuerstein umgewandelt. *Siphonia tulipa* ZITT. aus dem Grünsand, *(Et. cenomanien)* von Blackdown in England, hat einen tulpenknospenförmigen Körper, 4 Centim. hoch. Ihn trägt ein schlanker, in Wurzeln sich gabelnder Stiel von 10 Centim. Höhe.

Sehr nahe den Siphonien steht die Gattung *Jerea* LAMX. Ihr Körper hat die Gestalt einer Birne oder einer Kugel u. dgl. Er verläuft nach unten in einen kürzeren oder längeren Stiel, der am Grunde sich mehr oder weniger ausbreitet oder verästelt. Zuweilen verwachsen auch mehrere solcher Körper miteinander. Der Scheitel des Körpers ist entweder abgestutzt oder etwas eingesenkt. Hier münden die runden Oscula eines Bündels von senkrecht gestellten, röhrenförmigen Canälen, welche bis zum Grunde des Stieles hinabreichen. Die Skelett-Elemente sind auch hier Vierstrahler. Entweder sind die Enden der Arme wurzelartig verästelt oder es spalten sich einer oder mehrere in je zwei Hauptäste. Die einander benachbarten Vierstrahler verflechten sich auch hier untereinander mit den verästelten Enden der Arme. Die *Jerea*-Arten finden sich in der Kreide-Formation, namentlich in der oberen Abtheilung derselben. *Jerea pyriformis* LAMX. bildet einen birnförmigen Körper mit etwas kürzerem Stiel, vom Grunde zum Scheitel 12 Centim. hoch. Aus dem Grünsand von Kelheim, Bayern.

Wir wenden uns nun zur Ordnung der Hexactinelliden, *Hexactinellidae*, (Glasschwämme, *Hyalospongiae)*. Es sind gleich den Lithistiden Kieselschwämme, ebenfalls in älteren Formationen reichlich fossil vertreten und in der heutigen Lebewelt ebenfalls Bewohner der Tiefsee. Aber ihre kieseligen Skelett-Bestandtheile sind sechsstrahlig (dreiachsig).

Ihre äussere Gestalt ist sehr mannigfaltig. Es giebt hier Kreisel, Cylinder, Scheiben, Trichter, gestielte Schirme etc. Eine Anzahl von Gattungen, wie namentlich die zuerst 1845 aus der Tiefsee an Japan bekannt gewordene, seither auch im atlantischen Ocean nachgewiesene Gattung *Hyalonema*, zeichnen sich durch einen eigenthümlichen Wurzelschopf von langen feinen glasartigen Kieselfäden aus. Er bildet die Basis des Schwammkörpers und dient zur Befestigung desselben auf dem Meeresboden. Die Wände des Schwammkörpers sind meist dünn. Sie umschliessen einen bald mehr walzigen, bald mehr trichterförmigen Centralraum mit scheitelständiger Ausströmungsöffnung. Man betrachtet ihn als gemeinsame Magenhöhle. Bei anderen Hexactinelliden ist die Körperform nicht so centralisirt. Hier sind die Ausströmungsöffnungen in sehr verschiedener Weise vertheilt. Die Entscheidung der Frage, ob ein Körper noch eine einzelne Person darstellt oder ob er schon als ein aus mehreren Personen bestehender Stock zu betrachten ist, bleibt auch bei dieser Ordnung oft schwierig. Es giebt endlich auch Gattungen von sehr lockerem Skelettbau, die kein besonderes Canalsystem erkennen lassen.

Das Skelett der Hexactinelliden besteht entweder aus vereinzelten oder aus gitterförmig verschmolzenen Kieselsternen. Es sind hohle Sechsstrahler und ihre Röhre trifft im Centrum der Durchkreuzung zusammen. Sämmtlichen Kieselgebilden liegt ein Achsenkreuz aus drei rechtwinklig sich schneidenden, mit gemeinsamem Centralcanal versehenen Achsen zu Grunde. Dies sind die eigentlichen Skelett-Bestandtheile, welche die Hauptmasse des festen Schwammkörpers bilden. Ausserdem finden sich häufig noch zahlreiche vereinzelte Kieselkörperchen, die frei in der Sarkode liegen. Sie sind mannigfach gestaltet und von meist sehr zierlicher Form.

Man unterscheidet, je nachdem die Elemente des Kieselskeletts vereinzelt bleiben oder untereinander gitterartig verschmelzen, zwei Hauptgruppen unter den Hexactinelliden. Bei den Gitter-Hexactinelliden oder Dictyoninen, *Dictyonina*, treten die sechsstrahligen Kieselkörper des Skeletts zu einem Gitterwerk zusammen. Sie verschmelzen mit einander, indem jeder Arm eines Sechsstrahlers sich an den nächsten Arm des Nachbars anlegt und mit ihm zusammen dann einen einzigen Balken darstellt. Die beiden Arme werden in der Folge von einer gemeinsamen Kieselhülle umschlossen, welche sich gleichförmig um dieselben ablagert und sie gleichsam zusammenschweisst. Zwei Strahlen werden so vollständig zu einem, dass ihre ursprüngliche Selbständigkeit nur noch durch die Anwesenheit von zwei getrennten Achsencanälen angedeutet wird. Das so in Zusammenhang gebrachte Skelett stellt sich dar als ein Gitterwerk mit Maschen von cubischer oder polyedrischer oder ganz unregelmässiger Form. Die Unregelmässigkeit wächst, wenn ein oder mehrere Sechsstrahler die Reihe verlassen und ihre Arme in abweichender Weise an das übrige Gerüst ankitten.

Die Gitter-Hexactinelliden sind durch ihr zusammenhängendes Kieselgerüst zu fossiler Erhaltung besonders wohlgeeignet und sind schon im Silursystem vertreten, häufiger in Jura und Kreide. Sie zerfallen nach der Bildung der Durchkreuzung, in der die Achsen mit den Achsencanälen zusammentreffen, in zwei Gruppen. Die Durchkreuzung ist stets angeschwollen und entweder eine einfache und geschlossene Verdickung oder sie stellt ein hohles achtfach durchbrochenes Oktaeder dar. Letzteres findet sich besonders bei den Gitter-Hexactinelliden der Kreideformation z. B. bei den Gattungen *Ventriculites* und *Coeloptychium*.

Bei der anderen Hauptgruppe der Hexactinelliden sind die Elemente des Kieselskeletts in der Regel vereinzelte Sechsstrahler und andere Kieselgebilde und liegen in weicher Sarkode locker eingebettet. Seltener sind in dieser zweiten Abtheilung die kieseligen Skelettbestandtheile durch eine plattige Kieselausscheidung noch in unregelmässiger Weise miteinander verkittet, wie bei der an den Philippinen lebenden Gattung *Euplectella*. Hexactinelliden mit lose eingestreuten Skelettkörperchen sind zu günstiger Fossilerhaltung wenig geeignet, doch kommt eine dahin gehörige Gattung *Astracospongia* schon in der silurischen Formation vor.

Die Hexactinelliden des heutigen Tages sind ausgezeichnete Tiefseebewohner. Sie leben vorzugsweise zwischen 100 und 600 Faden Tiefe (600 und 3600 engl. Fuss, 183 und 1097 Meter).

Sie sind nächst den Lithistiden die in den älteren Formationen am reichlichsten verbreiteten Kieselschwämme. Sie sind schon im Silursystem durch *Astylospongia*, *Astraeospongia* u. s. w. vertreten. Im oberen Jura sind die Hexactinelliden neben Lithistiden oft massenhaft abgelagert und bilden Spongitenkalke, die fast ganz von ihnen erfüllt sind. So namentlich im oberen Jura der Schweiz, Schwabens und Frankens. Meist sind hier die Kieselgebilde derselben durch Kalk ersetzt. In der mittleren und der oberen Kreide sind sie neben Lithistiden wieder reichlich verbreitet. In den Tertiärablagerungen von Europa sind sie nur äusserst spärlich vertreten, da diese nur aus seichteren Tiefenzonen gehoben wurden.

Zu den Dictyoninen oder den mit einem Gittergerüste versehenen Hexactinelliden gehören unter anderen die Gattungen *Astylospongia*, *Ventriculites* und *Coeloptychium*.

Astylospongia bildet einen kugligen oder dick scheibenförmigen Körper, der keine Anwachsungsstelle erkennen lässt. Der Scheitel ist flach oder schwach ausgehöhlt. Vom Umfang des Körpers gegen die Mitte verlaufen zahlreiche Canäle. Dazu kommen noch andere senkrecht verlaufende Canäle, die am Scheitel münden. Diese stellen den Wassercirculations-Apparat dar. Das Kieselskelett besteht aus verschmolzenen Sechsstrahlern mit dichtem Kreuzungsknoten. Das Gittergerüste ist etwas unregelmässig und zeigt viereckige, dreieckige und polyedrische Maschen. *Astylospongia praemorsa* ROEM. (*Siphonia praemorsa* GOLDF.) findet sich in der obersilurischen Formation der Insel Gothland und in Decatur County, Staat Tennesee. Sie wird 2—5 Centim. gross.

Bei der Gattung *Ventriculites* ist der Schwammkörper von Gestalt einer Schüssel, eines Bechers, Cylinders oder Trichters. Die Centralhöhle ist weit, die Wand gefaltet. Radialcanäle sind zahlreich entwickelt und stehen meist in Längsreihen. Das Skelett besteht aus verschmolzenen mehr oder weniger unregelmässig angeordneten Sechsstrahlern mit oktaedrischen Kreuzungsknoten. Die Oberfläche der Wand und der Canäle erhält durch Balken der Sechsstrahler eine gewisse Verdickung. Ventriculiten findet man nur in der Kreideformation. *Ventriculites radiatus* MANT. bildet einen becher- oder trichterförmigen, bald mehr ausgebreiteten bald schlankgestreckten Körper auf einem walzigen am Grunde mit gabligen Wurzeln versehenen Stiele und erreicht eine Höhe von 20 bis 25 Centim. Findet sich in der weissen Kreide von Lewes in Sussex, auch in Westphalen.

Coeloptychium bildet einen schirmförmigen gestielten Körper, der am Grunde mit wurzelartigen Ausläufern sich befestigt. Die Centralhöhle ist in radiale Kammern abgetheilt. Die Oberseite trägt eine zusammenhängende poröse Rindenschicht. Das Gittergerüst besteht aus verschmolzenen Sechsstrahlern mit oktaëdrischen durchbrochenen Kreuzungsknoten und zeigt grosse regelmässige cubische Maschen. Arten mehrere in der oberen Kreideformation.

Die Hexactinelliden der zweiten Hauptgruppe — mit vereinzelt stehenden Sechsstrahlern — sind in Folge von eben dieser lockeren Anordnung des Skeletts zu deutlicher abgeschlossener Erhaltung wenig geeignet. Doch gehört nach K. ZITTEL bereits eine silurische Gattung *Astraeospongia* dahin. Lebende, wie *Hyalonema* und *Euplectella* finden sich noch zahlreich in bedeutenden Meerestiefen verbreitet.

Astraeospongia bildet einen scheibenförmigen Körper, der frei gewesen sein dürfte, wenigstens bemerkt man an seinem Grunde keine Spur von einer besonderen Anwachsungsstelle. Dieser scheibenförmige Körper besteht vollständig aus gleichartigen sternförmigen Elementen von verhältnissmässig ansehnlicher Grösse, (5—6 Millim. Durchmesser), welche nicht mit den Strahlen unter einander zusammenhängen. Bei diesen liegen sechs Strahlen in einer Ebene und schneiden sich in Winkeln von 60°. Darauf stehen noch zwei senkrechte Strahlen, die knopfförmig verkümmert sind. *Astraeospongia meniscus* ROEM. 6 Centim. im Durchmesser, dabei meist 1—1,5 Centim. hoch. Diese Art findet sich häufig in der oberen silurischen Formation in Decatur County in Tennessee und zwar verkalkt.

Ganz vereinzelt im Vergleich zu den Ceratospongien und den Kieselschwämmen steht die Ordnung der Kalkschwämme, *Calcispongiae* und sie können als besonderer von den Myxospongien ausgehender Zweig des gemeinsamen Stammbaumes der Schwämme gelten, welchen gegenüber von allen übrigen die Ausscheidung kalkiger Skeletttheile auszeichnet.

Die Gestalt des Schwammkörpers ist auch bei den Kalkschwämmen sehr mannigfach. Es kommen einfache Personen vor, deren Gestalt schlauchartig oder cylindrisch ist. So die schon pag. 323 berührte lebende Gattung *Olynthus*. Es kommen aber auch Stöcke von mehreren Personen vor, welche Knollen, Büsche u. dergl. darstellen und meist mit einer breiten Grundfläche aufgewachsen sind. Jede Person pflegt dann ihre eigene Magenhöhlung zu haben, die mit einem Osculum ausmündet. Das Canalsystem ist in sehr verschiedener Weise entwickelt. Bei der lebenden Gattung *Olynthus* besteht es z. B. nur aus einfachen Gewebelücken der Körperwände.

Auszeichnend ist für die Calcispongien die kalkige Beschaffenheit der festen Skelett-Elemente. Es sind entweder einfache einachsige Nadeln, Stabnadeln u. dergl. — oder dreiachsige Körperchen, Dreistrahler — oder vierstrahlige Körper, Vierstrahler. Sie sind in der Regel sehr fein und leicht vergänglich. Sie verschmelzen auch nicht miteinander.

Die heute lebenden Kalkschwämme sind besonders Bewohner von seichteren Meeresstrecken. Für ihre und ihrer älteren Vorläufer fossile Erhaltung sind und waren die Bedingungen wenig günstig. Ihr zartes und loses Skelett zerfällt in der Regel leicht. Man kennt daher von ihren heute lebenden drei Familien — den Asconen (mit der Gattung *Olynthus*), den Leuconen und den Syconen — auch keine oder nur sehr wenige fossile Vertreter.

Dagegen hat K. ZITTEL gezeigt, dass in den älteren und den mittleren Formationen noch häufig Reste einer vierten erloschenen Familie, die er Pharetronen nannte, vorkommen. Diese mit einer etwas massenhafteren Skelettabscheidung begabten und daher in Beziehung auf fossile Erhaltung günstiger gestellten Calcispongien-Formen schliessen sich den lebenden Leuconen am nächsten an.

Die Familie der Leuconen, *Leucones*, hat eine dicke Wand und sie wird von verästelten, meist vernetzten und ohne bestimmte Anordnung verlaufenden Canälen durchsetzt, welche dann in die Magenhöhlung einmünden. Den lebenden Leuconen schliesst sich nach dem Canalsystem und im ganzen Aufbau die erloschene Familie der Pharetronen, *Pharetrones* am meisten an. Sehr bezeichnend ist ihr Kalkskelett. Sämmtliche Skelettelemente sind zu ziemlich starken Fasern vereinigt und diese letzteren sind unter einander vernetzt. Die Elemente liegen darin in paralleler Lage dicht neben einander. Es sind entweder gänzlich oder vorzugsweise nur Stabnadeln — oder es sind Stabnadeln mit vereinzelten Dreistrahlern und Vierstrahlern — oder endlich ausschliesslich Dreistrahler und Vierstrahler.

Bei den Pharetronen erscheint auch häufig eine platte oder runzlige Rindenschicht abgelagert. Sie umgiebt dann meist den unteren Theil des Körpers, zuweilen auch überzieht sie fast den ganzen Körper und lässt nur den Scheitel frei.

Diese Familie beginnt schon in den älteren Formationen. Sie ist in den mergeligen Triasschichten (dem unteren Keuper) von St. Cassian in Tyrol, dann besonders im oberen Jura und in der Kreideformation vertreten. Es scheinen Bewohner seichterer Meeresstrecken gewesen zu sein. Aus den Tertiärformationen kennt man noch keine Reste von solchen und vielleicht ist die Familie um diese Zeit ausgegangen.

Hierher gehören unter anderen die Gattungen *Eudea*, *Myrmecium* und *Elasmostoma*.

Bei *Eudea* ist der Körper cylindrisch, keulenförmig oder birnenförmig. Er gehört meist nur einer Person an, seltener bildet er einen verästelten Stock.

Die Körperhöhle reicht bis zum Grunde herab und mündet mit einer scheitelständigen Oeffnung. Rindenschicht glatt. Faserzüge des Skeletts grob. *Eudea clavata* LAMX. findet sich im mittleren Jura *(Et. bathonien)* von Ranville in der Normandie.

Myrmecium bildet einen halbkugeligen oder cylindrischen kurzgestielten Körper, dessen Oberfläche am Grund, zuweilen auch den Seiten eine glatte Rindenschicht trägt. Der Scheitel ist gewölbt. Die centrale Körperhöhle ist röhrenförmig und mündet am Scheitel mit enger Oeffnung. Arten in der Juraformation. *Myrmecium hemisphaericum* GOLDF. *(Spongites rotula* QUENST.), ist häufig im oberen Jura von Schwaben und Franken.

Elasmostoma ist blattförmig und vielgestaltig, oft halbkreisförmig, seltener trichterförmig. Die obere Fläche trägt eine glatte Rindenschicht, aus welcher seichte Oeffnungen (Oscula) ausmünden. Die Unterseite des Körpers ohne eine Rindenschicht und porös. *Elasmostoma acutimargo* ROEM. findet sich in der unteren Kreideformation (Et. néocomien) zu Berklingen bei Braunschweig.

K. ZITTEL, Handbuch der Palaeontologie I. Bd. Palaeozoologie I. Abtheilung. München 1876—1880. pag. 128. — R. HOERNES, Elemente der Palaeontologie (Palaeozoologie). Leipzig 1884, pag. 45.

Sulfate

von

Professor Dr. **Kenngott.**

Die Verbindungen der Schwefelsäure SO_3, des Schwefeltrioxydes sind sehr häufig und mannigfaltig, wasserfreie und wasserhaltige und da dieselben im Wasser löslich oder unlöslich sind, so wurden bereits eine Reihe der in Wasser löslichen im Artikel »Salze« pag. 183 beschrieben, einiger im Wasser unlöslicher im Artikel »Malachite« Bd. II, pag. 405 gedacht, während hier die wichtigsten im Wasser unlöslichen Sulfate besprochen werden sollen, die z. Th. sehr reichlich auftreten.

1. Der Baryt (Schwerspath).

Derselbe krystallisirt orthorhombisch und bildet sehr mannigfaltige Combinationen. Die einfachsten Krystalle bilden rhombische Tafeln mit geraden Randflächen, welche so gestellt werden, dass die vorherrschenden Flächen (Fig. 1) die Längsflächen $\infty P \breve{\infty}$ bilden, die Randflächen ein Querdoma $P \bar{\infty}$ darstellen, dessen Endkanten 78° 28′ messen. Diesen beiden combinirten Gestalten entsprechen auch die vollkommenen Spaltungsflächen des Baryt, von denen die nach $\infty P \breve{\infty}$ die vollkommensten sind. An dieser Combination, die verschieden dicke bis sehr dünne, kleine bis grosse Tafeln bildet, sind oft noch die spitzen Combinationsecken durch das Längsdoma $P \breve{\infty}$ abgestumpft, die Abstumpfungsflächen gerade auf die Längsflächen aufgesetzt und gegen diese unter 127° 20′ geneigt, da die Endkanten dieses Längsdoma = 105° 20′ sind. Eben so häufig, auch gleichzeitig mit jenen erscheinen die stumpfen Combinationsecken der Combination $\infty P \breve{\infty} \cdot P \bar{\infty}$ abgestumpft, die Abstumpfungsflächen gerade auf die Längsflächen aufgesetzt und gegen sie unter 141° 8′ geneigt durch das Prisma $\infty P \breve{2}$, dessen brachydiagonalen Kanten = 77° 44′ sind. Auch sind oft die Combinationskanten von $\infty P \breve{\infty}$ und $P \bar{\infty}$ schief abgestumpft durch die als Grundgestalt gewählte Pyramide P, deren Flächen jedoch nie vorherrschend gefunden werden, während

(Min. 268.)

Fig. 1.

die beiden Gestalten $\infty P\breve{2}$ und $P\breve{\infty}$, namentlich die erstere in Combinationen vorherrschen und so bis lang gestreckte prismatische oder brachydomatische Krystalle bilden. Solche prismatische Krystalle sind verschieden begrenzt, meist, wie z. B. Fig. 2 zeigt, durch die beiden Domen $P\bar{\infty}$ und $P\breve{\infty}$, wozu auch die Basisflächen treten, die selbst vorwaltend gegenüber den Domen oder einem derselben vorkommen oder allein prismatische Krystalle begrenzen. Bei den domatischen Krystallen, die weniger häufig vorkommen, ist das Längsdoma $P\breve{\infty}$ vorherrschend (Fig. 3). Auch finden sich oblonge tafelartige (Fig. 4), wobei die vorherrschenden Längsflächen mit dem Prisma $\infty P\breve{2}$ und dem Doma $P\breve{\infty}$ combinirt sind. Während so gewöhnlich in den Combinationen die Gestalten $\infty P\breve{\infty}$, $\infty P\breve{2}$, $P\breve{\infty}$, $P\bar{\infty}$, P und oP gesehen werden, giebt es noch verschiedene andere untergeordnete Gestalten. Ausser Krystallen, wobei die tafeligen zu halbkugeligen oder rosettenförmigen Gruppen verwachsen vorkommen, finden sich schalige, blättrige, stenglige, fasrige oder körnige Aggregate, letztere kugelige Gestalten bildend, die körnigen in bisweilen mächtigen derben Massen. Selten werden die körnigen so feinkörnig, dass sie fast dicht erscheinen; sehr selten ist er erdig.

(Min. 269—271.)

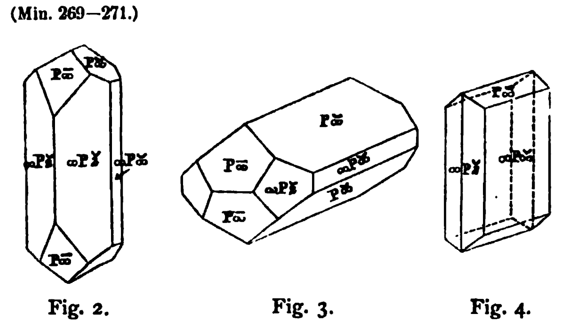


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Der Baryt ist farblos bis weiss oder gefärbt, röthlichweiss bis fleischroth, gelb bis braun, gelblich-, röthlich-, bräunlichgrau, selten bläulichweiss, blau oder grün, glas- bis wachsglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 3,0—3,5 und spec. Gew. = 4,3—4,7. Er ist oft durch Erwärmen phosphorisch, bisweilen durch Einwirkung des Sonnenlichtes, wie der in kugeligen bis ellipsoidischen Gestalten am Monte Paterno bei Bologna in Italien vorkommende, an welchem der Schuster V. Cascariolo in Bologna 1630 die Phosphorescenz entdeckte. Er ist wesentlich $BaO \cdot SO_3$ mit 65,7 % Baryterde und 34,3 Schwefelsäure, enthält bisweilen geringe Mengen von SrO oder CaO, oder geringe Beimengungen verschiedener Art. V. d. L. zerknistert er meist sehr heftig, schmilzt sehr schwer, die Flamme gelblichgrün färbend zu einer alkalisch reagirenden trüben Masse; auf der Kohle behandelt, breitet sich bei längerem Erhitzen die Schmelze aus und dringt in die Kohle ein. In der Reductionsflamme giebt er Schwefelbaryum, schmilzt mit Soda auf Platinblech zu einer klaren Masse. Von Säuren wird er nicht aufgelöst.

Er ist ein häufig vorkommendes Mineral, welches ganz besonders auf Gängen, namentlich Erzgängen, weniger auf Lagern vorkommt, bisweilen oft sehr mächtige Stöcke und Lager bildend, niemals als wesentlicher Gemengteil von Gesteinsarten. Er ist besonders ausgezeichnet durch schöne, bisweilen grosse Krystalle, wie z. B. an den Fundorten Dufton in Cumberland, Felsöbanya, Schemnitz, Kremnitz, Herrengrund und Neusohl in Ungarn, Kapnik und Offenbanya in Siebenbürgen, Freiberg und Marienberg in Sachsen, Clausthal am Harz, Przibram, Mies, Teplitz, Tetschen und Horzowitz in Böhmen, Courtade in der Auvergne in Frankreich. Stengliger bis fasriger, oft krummflächige Gestalten in Mergel bildend, beispielsweise bei Freiberg in Sachsen, Rattenberg in Tyrol, Chaudefontaine bei Lüttich, Amberg in Bayern, Wissloch bei Baden, Battenberg bei Neu-

Leiningen an der Hardt, körniger sehr häufig, fast dichter bei Goslar am Harz, Meppen in Westphalen und Halsbrücke bei Freiberg in Sachsen.

Eine besondere Verwendung findet er nicht, ausser zur Darstellung der Baryterde und von Präparaten derselben, der weisse fein gemahlen zur Verfälschung des Bleiweiss.

Eine Mittelspecies zwischen Baryt und Cölestin ist der sogen. Barytocölestin Sr, $BaO \cdot SO_3$, der selten krystallisirt, isomorph mit beiden, gewöhnlich nur radialstenglige bis schalige Aggregate bildet, aber selten vorkommt, wie z. B. bei Imfeld im Binnenthale in Wallis in der Schweiz, bei Jocketa in Sachsen, am Greiner in Tyrol, Nürten in Hannover und auf der Drummondinsel im Eriesee in Nord-Amerika.

2. Cölestin, die dem Baryt analoge Verbindung der Strontia $SrO \cdot SO_3$ mit 56,4 Strontia (Strontianerde) und 43,6 Schwefelsäure, bisweilen etwas CaO oder BaO als stellvertretend für SrO enthaltend. Er ist isomorph mit Baryt, immerhin ein wenig in den Winkeln abweichend, sowie in der vorherrschenden Ausbildung seiner z. Th. flächenreichen Krystalle. Auch hier sind die am häufigsten in den Combinationen auftretenden Gestalten das Querdoma $P\bar{\infty}$ (75° 56'), das Längsdoma $P\breve{\infty}$ (104° 7'), das Prisma $\infty P\breve{2}$ (78° 50') und die Längsflächen $\infty P\breve{\infty}$, während untergeordnet noch zahlreiche andere Gestalten gefunden worden sind. Bemerkenswerth ist, dass die Krystalle vorwaltend in der Richtung der Längsachse ausgedehnt sind, was bei Baryt weniger der Fall ist, in der Art, wie Fig. 3 bei Baryt zeigt. Die einfachsten werden in dieser Stellung durch $P\breve{\infty} \cdot P\bar{\infty}$ gebildet, oder durch $P\breve{\infty} \cdot P\breve{3}$, $P\breve{\infty} \cdot \infty P\bar{\infty}$; die Längsflächen sind sehr oft in den Combinationen sichtbar, durch welche auch, aber selten tafelartige Krystalle, wie bei Baryt gebildet werden. Die in der Richtung der Längsachse ausgedehnten Krystalle sind bisweilen bis nadelförmige. Ausser krystallisirt findet sich der Cölestin derb mit krystallinisch schaliger, stengliger, fasriger und körniger Absonderung. Der parallelfasrige bildet mehr oder minder dünne Platten und Trümmer, der feinkörnige bis dichte auch nierenförmige Gestalten. Die Spaltungsflächen entsprechen denen des Baryt, und es sind auch hier die vollkommenen parallel den Längsflächen, die weniger vollkommenen parallel dem Querdoma.

Der Cölestin ist wesentlich farblos bis weiss, wie er häufiger sich so findet als der Baryt, ausserdem ist er oft bläulichweiss, bläulichgrau, blass smalteblau bis fast himmel- und indigoblau, auf welche Färbung sich der Name Cölestin bezieht, von *coelestis* himmlisch, welcher zunächst dem in Platten vorkommenden parallelfasrigen von Dornburg bei Jena gegeben wurde und der der Species blieb, obgleich farblose bis weisse häufiger sind. Ausserdem ist er bisweilen gelblich oder röthlich gefärbt. Er ist glasglänzend, z. Th. in Wachsglanz geneigt, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 3,0—3,5 und spec. Gew. 3,9—4,0.

V. d. L. zerknistert er oft, weniger stark als Baryt, schmilzt ziemlich leicht zu einer milchweissen, alkalisch reagirenden Kugel, färbt die Flamme carminroth, besonders intensiv, wenn die in der Reductionsflamme geglühte Probe mit Salzsäure befeuchtet und weiter erhitzt wird. Auf Kohle giebt er in der Reductionsflamme behandelt Schwefelstrontium, welches in Salzsäure aufgelöst, nach dem Eindampfen der Lösung mit Alkohol versetzt, die Flamme des angezündeten Alkohol intensiv carminroth färbt. Von Säuren wird er wenig angegriffen, von kohlensauren Alkalien aber zersetzt, wobei sich kohlensaure Strontia bildet.

Er findet sich nicht so häufig wie der Baryt, aber öfter schöne Krystalle

bildend, wie in den Schwefelgruben Siciliens an verschiedenen Orten, Girgenti, Catolica, Lercara, Racalmuto u. a., bei Bristol in England, bei Pschow unweit Ratibor in Schlesien, Herrengrund in Ungarn, Leogang in Salzburg, Montecchio maggiore bei Vicenza in Italien, Ville sur Saulx in Frankreich, auf Strontian Island im Huronsee, Kingston in Canada, bei Popoyan in Neu-Granada u. a. O., schaliger findet sich beispielsweise auf der Seiser-Alpe in Tyrol, fasriger bei Dornburg unweit Jena, dichter, gemengt mit Thon am Montmartre bei Paris. Er wird zur Darstellung von Strontia, Strontiansalpeter und Chlorstrontium benützt, welche beiden letzteren zur Bildung des sogen. rothen Feuers in der Feuerwerkerei dienen.

Eine dritte isomorphe Species analoger Verbindung ist

3. der Anglesit, das Bleisulfat $PbO \cdot SO_3$ mit 73,5 % Bleioxyd und 26,5 Schwefelsäure, benannt nach dem lange bekannten Vorkommen auf der englischen Insel Anglesea, oft auch Bleivitriol genannt, obgleich er kein Vitriol ist. Derselbe krystallisirt orthorhombisch wie Baryt und Cölestin mit etwas abweichenden Winkeln, indem verglichen mit den Krystallen jener $P\bar{\infty}$ den Endkantenwinkel $= 76° 17'$, $P\breve{\infty}$ den Endkantenwinkel $= 104° 25'$ hat und die brachydiagonalen Kanten von $\infty\breve{P}2 = 78° 46'$ sind. Dagegen wurden an ihm noch mehr einfache Gestalten, über 80 gefunden und gegen 200 Combinationen, welche prismatisch, domatisch, pyramidal und tafelartig sind. Er spaltet mehr oder minder deutlich nach $P\bar{\infty}$ und $\infty P\breve{\infty}$, hat muschligen Bruch, ist meist farblos bis weiss, auch grau, gelb bis braun gefärbt, hat auf Krystallflächen diamantartigen, auf dem Bruche wachsartigen Glanz, ist durchsichtig bis durchscheinend, spröde und leicht zersprengbar, hat H. = 3 und spec. Gew. = 6,29—6,35. Beim Erhitzen im Kolben zerknistert er, schmilzt v. d. L. auf Kohle in der Oxydationsflamme zu klarer Perle, welche beim Erkalten milchweiss wird, giebt in der Reductionsflamme erhitzt Blei, reagirt mit Soda und Kieselsäure geschmolzen auf Schwefel, ist in Säuren schwierig löslich, in Kalilauge aber vollständig.

Er findet sich meist in der Nachbarschaft oder in Begleitung von Galenit PbS, durch dessen Zersetzung er besonders entstanden ist, daher auch Pseudomorphosen nach Galenit bildet. Seine Krystalle sind bisweilen durch Schönheit und Vollkommenheit der Ausbildung ausgezeichnet, wie bei Phönixville in Pennsylvanien, Iglesias und Montepori in Sardinien, auch findet er sich bei Leadhills und Wanlockhead in Schottland, Wirksworth in Derbyshire in England, Beresowsk am Ural, Tarnowitz in Oberschlesien, Felsöbanya und Borsabanya in Ungarn, Dognaczka und Morawiza im Banat, Goslar, Zellerfeld und Clausthal am Harz, Badenweiler und Wolfach in Baden, Schwarzenbach und Mies in Böhmen, Linares in Spanien u. a. O. m.

Wo er in grösserer Menge vorkommt, wird er mit anderen sogen. Bleierzen, daher auch Vitriolbleierz genannt, zur Gewinnung von Blei verwendet.

Die Verbindung $PbO \cdot SO_3$ findet sich auch bei Monteponi in Sardinien und bei Zellerfeld am Harz klinorhombisch krystallisirt, welches Vorkommen von BREITHAUPT Sardinian genannt wurde. — Der bei Leadhills in Schottland vorkommende klinorhombische Lanarkit ist $PbO \cdot SO_3 + PbO$, während er früher für $PbO \cdot SO_3 + PbO \cdot CO_2$ gehalten wurde.

Bemerkenswerth ist auch der durch Zersetzung von Sphalerit ZnS entstandene Zinkosit vom Gange Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien, $ZnO \cdot SO_3$, ähnliche kleine orthorhombische gräulich- und gelblichweisse bis weingelbe Krystalle bildend.

4. Der Anhydrit (Karstenit), das den vorangehenden analoge Sulfat der Kalkerde, $CaO \cdot SO_3$ mit 41,2 % Kalkerde und 58,8 Schwefelsäure, durch sein massenhaftes Vorkommen als Gesteinsart ausgezeichnet, krystallisirt auch orthorhombisch. Mit dem Gyps verglichen, welcher wasserhaltige schwefelsaure Kalkerde darstellt und durch Wasseraufnahme bisweilen aus Anhydrit hervorgeht, wurde er Anhydrit (von dem griechischen »*anydros*« wasserfrei) genannt. Er findet sich selten krystallisirt und es liessen sich die Krystalle nicht als isomorph mit denen des Baryt, Cölestin und Anglesit erkennen, obgleich die Zusammensetzung Isomorphismus vermuthen lässt. Die Krystalle in Steinsalz von Berchtesgaden sind dicktafelig oder parallelepipedrisch durch die Combination der Quer-, Längs- und Basisflächen, zeigen auch Pyramiden, ein Prisma und ein Längsdoma untergeordnet. Das Prisma ∞P (90° 4′) und das Längsdoma $P\breve{\infty}$ (96° 30′) nach HESSENBERG, die Pyramiden P, $2\bar{P}2$ und $3\bar{P}3$ an diesen, sowie die an Krystallen im Kieserit bei Stassfurt, in Lava von Aphroessa bei Santorin im griechischen Archipel oder an prismatischen bis nadelförmigen Krystallen im Bergkrystall am St. Gotthard in der Schweiz vorkommenden Gestalten liessen bis jetzt wenigstens den Isomorphismus mit den andern Sulfaten $RO \cdot SO_3$ nicht feststellen. Auch die Spaltungsflächen sind nicht analoge, indem der Anhydrit nach den drei auf einander rechtwinkligen Flächenpaaren, nach den Längs-, Quer- und Basisflächen, die zusammen das orthorhombische Hexaid (s. pag. 358, Band II) bilden, vollkommen spaltbar ist, wesshalb man früher, den Grad der Vollkommenheit nicht genau unterscheidend, die Spaltbarkeit für hexaedrisch hielt und an eine dem Steinsalz ähnliche Verbindung dachte, woher der Name Muriazit stammt, von *acidum muriaticum*, Salzsäure entlehnt. Auch wurde der Anhydrit darnach Würfelspath genannt. Später fand man, dass die Spaltungsflächen ungleich vollkommen sind, am vollkommensten parallel den Längsflächen, weniger vollkommen parallel den Querflächen und wieder weniger parallel den Basisflächen.

Gewöhnlich bildet der Anhydrit derbe krystallinisch-körnige Massen bis fast dichte, bisweilen ist er stenglig bis fasrig, sehr selten dicht, dabei eigenthümliche wellenförmig gebogene Lagen bildend, der sogen. Gekrösestein von Bochnia in Gallizien und von Eisleben in Sachsen.

Der Anhydrit ist wesentlich farblos bis weiss, häufig etwas gefärbt, bläulichweiss, bläulichgrau bis smalte- und violblau, röthlichweiss bis fleischroth, gräulichweiss bis rauchgrau und gräulichbraun, glasglänzend, auf $\infty P\breve{\infty}$ perlmutterglänzend, auf oP wachsglänzend, zumal auf den entsprechenden Spaltungsflächen, durchsichtig bis kantendurchscheinend, hat H. = 3,0—3,5 und spec. Gew. = 2,8—3,0. V. d. L. schmilzt er etwas schwierig zu weissem alkalisch reagirenden Email, mit Fluoritpulver gemengt zu klarem Glase, welches beim Abkühlen undurchsichtig wird; auf der Kohle in der Reductionsflamme behandelt giebt er Schwefelcalcium. In Säuren ist er wenig löslich, von kohlensauren Alkalien wird er zersetzt. Bemerkenswerth ist, dass der Anhydrit durch den Einfluss von Feuchtigkeit bei wechselnder Temperatur allmählich Wasser aufnimmt uad sich in Gyps umwandelt, dabei sein Volumen vergrössernd, was in geologischer Beziehung sehr wichtig ist.

Der derbe Anhydrit bildet Lager und Stöcke in Begleitung von Steinsalz und Gyps, auch von Mergel, Thon und Kalkstein, selten findet er sich auf Gängen. Als Fundorte sind beispielsweise Berchtesgaden in Oberbayern, Hallein und Ischl in Salzburg, Hall in Tyrol, Aussee in Steiermark, Sulz am Neckar, Bex im Canton Waadt in der Schweiz, Vulpino (daher der Name Vulpinit) bei Bergamo in Ober-Italien,

Wieliczka und Bochnia in Gallizien, Eisleben und Stassfurt in der Provinz Sachsen, Segeberg in Holstein und Tiede bei Braunschweig anzuführen. Unter den Vorkommnissen auf Gängen sind Andreasberg am Harz und Riechelsdorf in Hessen zu nennen. Er wird zuweilen als Baustein benützt, schön gefärbte Varietäten zu architektonischen Zwecken, zu Statuen und anderen Kunstwerken.

Unter den wasserhaltigen Sulfaten steht durch reichliches Vorkommen obenan

5. Der **Gyps**, die wasserhaltige schwefelsaure Kalkerde $H_2O \cdot CaO + H_2O \cdot SO_3$ oder $CaO \cdot SO_3 + 2H_2O$ mit 32,6 $\frac{8}{8}$ Kalkerde, 46,5 Schwefelsäure und 20,9 Wasser, welches Mineral nicht allein als Gesteinsart massenhaft auftritt, sondern auch sehr häufig krystallisirt, ein- und aufgewachsene, z. Th. sehr grosse und oft schön ausgebildete Krystalle bildend. Er krystallisirt klinorhombisch, die einfachste und gewöhnlichste Combination ist die (Fig. 5) des Prisma ∞P mit den Längsflächen und der vorderen Hemipyramide P. Die klinodiagonalen Kanten des Prisma ∞P sind $= 111° 30'$, die der Hemipyramide $= 143° 30'$. Gewöhnlich herrschen die Längsflächen vor, rhomboidische Tafeln mit zugeschärften Rändern bildend, während bei Ausdehnung nach der Hauptachse sechsseitig prismatische Krystalle begrenzt durch die Hemipyramide gebildet werden, an denen oft die Längsflächen zurücktreten. Ausser P ist auch die hintere Hemipyramide P′ mit den klinodiagonalen Endkanten $= 138° 32'$ (Fig. 6) vorhanden. Bemerkenswerthe Gestalten in den Combinationen, die bis jetzt gegen 40 einfache Gestalten ergaben, sind verschiedene Prismen $\infty P \bar{n}$, wie an den ausgezeichneten Krystallen von Bex im Canton Waadt in der Schweiz, das hintere Querhemidoma $\frac{1}{3}P'\bar{\infty}$, welches die Hauptachse unter $87° 20'$, das vordere Querhemidoma $\frac{1}{3}P\infty$, welches die Hauptachse unter $70° 11'$ schneidet. Auch finden sich noch andere Querhemidomen, sowie Längsdomen und Hemipyramiden, selten die Basisflächen. $\angle \beta$ ist $= 81° 5'$.

(Min. 272–274.)

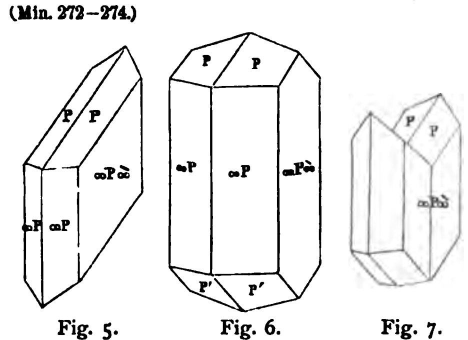


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Ausser den durch die Längsflächen tafelartigen Krystallen und den prismatischen, die bei abnehmender Grösse, beziehungsweise Dicke bis in feine nadelförmige variiren, finden sich auch solche, bei denen die vorderen Hemipyramidenflächen P nach den klinodiagonalen Endkanten gestreckt erscheinen und so scheinbar langprismatische Krystalle gebildet werden, wie auch in der Richtung der Hauptachse stark verkürzte, bei denen das Prisma und die Längsflächen bis zum Verschwinden zurücktreten und schliesslich grosse bis kleine linsenförmige Krystalle gebildet werden, indem die teminirenden Flächen P und $\frac{1}{3}P'\bar{\infty}$, oder P, $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ und oP convex gekrümmt in einander verlaufen.

Häufig finden sich Zwillinge, entweder nach den Querflächen, solche besonders bei den tafelartigen und prismatischen und zwar meist als Contactzwillinge (Fig. 7) seltener als Kreuzzwillinge, oder nach dem vorderen Querhemidoma $P\bar{\infty}$, solche besonders bei den linsenförmigen Krystallen als Contactzwillinge.

Der Gyps ist vollkommen spaltbar parallel den Längsflächen, mehr oder minder deutlich parallel der hinteren Hemipyramide P′, wobei die zwei mit einander oscillirenden Spaltungsflächen den Schein erregen, als sei eine Spaltungsfläche parallel $P'\bar{\infty}$ vorhanden, unvollkommen ist die Spaltbarkeit nach den Quer-

flächen; auch werden noch andere unvollkommene Spaltungsflächen angegeben. Der Gyps ist wesentlich farblos bis weiss, häufig aber durch unwesentliche Stoffe gefärbt, wie röthlichweiss bis fleisch- und blutroth durch Eisenoxyd, gelblichweiss bis weiss und braun durch Eisenoxydhydrat, graulichweiss bis dunkelgrau durch Thon, selten bläulich- oder grünlichweiss. Er ist vollkommen durchsichtig bis schwach kantendurchscheinend, glasglänzend auf den Krystallflächen, perlmutterglänzend auf den vollkommenen Spaltungsflächen, seidenglänzend auf den hemipyramidalen Spaltungsflächen und bei parallelen fasrigen Aggregaten. Er ist milde, hat H. = 2,0 und spec. Gew. = 2,2—2,4. Dünne Spaltungsblättchen sind meist biegsam, selbst schon manche prismatischen Krystalle. Im Kolben erhitzt giebt er reichlich Wasser, wobei der mehr oder weniger durchsichtige trübe und undurchsichtig wird. V. d. L. schmilzt er zu einem weissen alkalisch reagirenden Email, mit Fluoritpulver gemengt zu einer klaren Perle, welche beim Erkalten weiss und undurchsichtig wird und giebt auf der Kohle in der Reductionsflamme behandelt Schwefelcalcium. Mit Soda auf Kohle erhitzt, schmilzt er so wie der Anhydrit nicht zu einer klaren Masse. Er ist in Wasser sehr wenig löslich, etwa in 380—460 Theilen Wasser 1 Theil Gyps, desgleichen wenig in Salzsäure, in kochender etwas mehr als in kalter, und nach langem Stehen scheiden sich wieder feine Gypsnadeln aus, in kochender Auflösung dagegen von kohlensaurem Kali wird er vollständig zersetzt.

Ausser krystallisirt, in Höhlungen, auf Klüften, Spalten und Gängen aufgewachsene, in lockeren Gesteinen, wie in Mergel und Thon, in Sand, auch in Torf und in der Ackerkrume eingewachsene Krystalle bildend, wobei die Krystalle einzeln oder zu Drusen vereinigt oder in meist radialer Gruppirung vorkommen, findet sich auch der Gyps derb, krystallinisch-blättrige, körnige, stenglige bis fasrige Aggregate bildend, selbst dicht bis erdig. Der stenglige bis fasrige bildet plattenförmige Ausfüllungen an Spalten und Klüften, wobei die Stengel oder Fasern meist parallel verwachsen sind. Der körnige bis dichte erscheint als Gesteinsart, oft in grosser Mächtigkeit, Lager oder Stöcke bildend. Er ist sehr verbreitet, im Wechsel oder in Begleitung von Steinsalz, Anhydrit, Mergel, Dolomit und Kalkstein, namentlich in den jüngeren Formationen vom Zechstein an aufwärts, seltener in älteren. Unter den vielen Fundarten sind als Beispiele schöner krystallisirter Gypse anzuführen: Bex im Canton Waadt in der Schweiz, der Monte-martre bei Paris, Girgenti und Lercara in Sicilien, Oxford in England, Wielicka in Galizien, Kaden in Böhmen, Reinhardsbrunn im Thüringer Wald, Wasenweiler im Breisgau in Baden, Castellina in Toscana und die Wüste Sahara, wo die farblosen Krystalle bisweilen mit feinem blassgelbem Sande bis vollständig erfüllt sind, erinnrnd an die mit Sand imprägnirten Calcit-Krystalle.

Er wird vielfach verwendet, roh und gebrannt zur Verbesserung des Ackerbodens, gebrannt (bis zum Verlust der Hälfte seines Wassers entwässert) und gemahlen, mit Wasser angemacht und dann erhärtend als Mörtel, zur Herstellung von Stuckaturen, Abgüssen, Büsten, Statuen und Formen verschiedener Art, in der Glas- und Porzellanfabrikation, der feinkörnige bis dichte zu Bildhauerarbeiten, architektonischen Zwecken, zu Perlen und anderen Schmuckgegenständen, zur Herstellung von Vasen, Säulen, Leuchtern u. a. Gegenständen unter dem Namen Alabaster, besonders wenn er rein weiss oder wenig gelblich, röthlich bis bräunlich gefärbt und dabei durchscheinend ist.

Als eine eigenthümliche Erscheinung kann hervorgehoben werden, dass in Anhydrit und Gyps an Stelle der Kalkerde keine stellvertretenden Basen für Kalk

erde vorkommen und dass bei dem häufigen Vorkommen der Magnesia in den Carbonaten und Silicaten als Stellvertreter der Kalkerde keine Verbindung der Magnesia mit Schwefelsäure vorkommt, welche dieselbe Art der Verbindung darstellt, wie sie die Kalkerde im Anhydrit und Gyps zeigt. Nur in dem sogen. Polyhalit, welcher stenglig, fasrig bis dicht, selten orthorhombisch krystallisirt vorkommt, ist die Magnesia neben der Kalkerde vorhanden. Dieses deshalb bemerkenswerte Mineral, welches meist fleisch-, ziegel- bis blutroth durch Eisenoxyd gefärbt ist, wesentlich farblos ist bis grau, im Ansehen an Gyps oder Anhydrit erinnert, dagegen die H. = 3,5 und das spez. Gew. = 2,72—2,77 hat, enthält nämlich 2 CaO, 1 MgO, 1 K_2O mit 4 SO_3 und 2 H_2O, weshalb er gewöhnlich als $2(CaO \cdot SO_3) + MgO \cdot SO_3 + K_2O \cdot SO_3 + 2H_2O$ formulirt wird. Er löst sich langsam in Wasser, Gyps zurücklassend und hat einen schwachen salzig-bitteren Geschmack und gehört demnach noch in die Gruppe der Salze. Er wurde nur hier wegen der Verwandtschaft mit Gyps erwähnt und findet sich in Gesellschaft mit Anhydrit und Gyps im Steinsalzgebiete von Ischl, Hallstadt, Hallein, Berchtesgaden und Aussee im Salzkammergut, bei Stassfurt in der Provinz Sachsen, Stebnic in Gallizien und bei Vic in Lothringen.

Unter den anderen wasserhaltigen Sulfaten, welche meist selten und zum Theil nicht genau bestimmte Verbindungen der Thonerde und des Eisenoxydes, ohne oder mit Alkalien sind, in der Zusammensetzung an Alaune und Vitriole erinnern, in Wasser aber unlöslich sind, ist

6. der Alunit (Alaunstein) zu erwähnen. Derselbe krystallisirt hexagonal, rhomboedrisch hemiedrisch und bildet nur kleine in Drusenräumen aufgewachsene Krystalle, welche ein dem Hexaeder nahe stehendes Rhomboeder R mit dem Endkantenwinkel = 89° 10′ darstellen, combinirt mit den Basisflächen oR (Fig. 8) oder an Stelle derselben ein sehr stumpfes Rhomboeder $\frac{1}{64}$ R zeigend. Selten finden sich noch andere Rhomboeder untergeordnet selbst die Prismen ∞R und R∞. Ausser krystallisirt findet er sich blättrig bis stenglig, zum Theil krummflächige eingewachsene Knollen bis kuglige Gestalten bildend, meist aber bildet er krystallinisch-feinkörnige bis dichte derbe Massen, bisweilen von bedeutender Ausdehnung, erbsen- bis apfelgrosse Concretionen (in Quarzsand bei Wurzen unweit Leipzig), selten ist er erdig. Die Krystalle sind ziemlich vollkommen parallel den Basisflächen spaltbar.

(Min. 275.)

Fig. 8.

Er ist weiss bis farblos, oft etwas gelblich bis röthlich, auch graulich gefärbt, der krystallisirte glasglänzend, auf den Basisflächen perlmutterartig, selten durchsichtig (kleine farblose Krystalle), gewöhnlich mehr oder weniger durchscheinend bis fast undurchsichtig, spröde, hat H. = 3,5—4,0 und spec. Gew. = 2,6—2,8. In der Zusammensetzung ist er qualitativ mit Kalialaun übereinstimmend, quantitativ aber sehr verschieden, denn während im Kalialaun

auf 1 K_2O, 1 Al_2O_3, 4 SO_3 und 24 H_2O enthalten sind, enthält er
auf 1 K_2O, 3 Al_2O_3, 4 SO_3 und 6 H_2O

wonach man die Formel $K_2Al_2O_4 \cdot S_4O_{12} + 2(3H_2O \cdot Al_2O_3)$ aufstellen kann, welche 11,35 % Kali, 36,96 Thonerde, 38,65 Schwefelsäure und 13,04 Wasser ergiebt. Im Kolben bis zum Glühen erhitzt verliert er Wasser und etwas Schwefelsäure, ist v. d. L. unschmelzbar, (der krystallisirte zerknistert heftig), wird mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau, giebt mit Soda auf Kohle Hepar; in erwärmter concentrirter Schwefelsäure oder Kalilauge ist er schwer löslich. Aus

dem geglühten Minerale zieht Wasser einen Theil der Bestandtheile aus und bei dem Abdampfen bildet sich Kalialaun.

Er findet sich nicht häufig, stellenweise sehr reichlich, wie bei Tolfa unweit Civita-Vecchia in Mittel-Italien, Bereghszasz, Parad und Muszay in Ungarn, am Gleichenberge in Steiermark, am Mont Dore in Frankreich, auf der Insel Milo, wesentlich an trachytische Gesteine gebunden, welche durch Schwefelwasserstoff-exhalationen zersetzt wurden und wird vorzüglich zur Alaunfabrikation benützt. So werden bei Tolfa jährlich etwa 100000 Centner Alaun gewonnen, der durch seine Reinheit bekannte sogen. römische Alaun.

Dem Alunit nahe verwandt ist der dichte strohgelbe Löwigit von Zabrze in Oberschlesien, von Tolfa in Italien und von Muszay in Ungarn, welcher in Salzsäure löslich ist und 3 Molecule Wasser mehr enthält als der Alunit.

Isomorph mit Alunit ist der gelbe bis braune Jarosit vom Jaroso-Gange in der Sierra Almagrera in Spanien, von Schwarzenberg und Hauptmannsgrün in Sachsen, von Beresowsk am Ural, von der Vultur Goldgrube in Arizona in Nord-Amerika und einigen anderen Orten, welcher krystallisirt und derb mit krystallinisch-körniger oder schuppiger Absonderung vorkommend wie Alunit zusammengesetzt ist, dagegen Eisenoxyd anstatt der Thonerde enthält.

Diesem verwandt ist auch das sogen. Gelbeisenerz von Kolosoruk und Tschermig in Böhmen, welches ochergelb ist und nierenförmig, knollig, in Platten oder derb vorkommend auf $1 K_2O$ $4 Fe_2O_3$, $5 SO_3$ und $9 H_2O$ enthält und das Gelbeisenerz von Modum in Norwegen, welches dagegen an Stelle des Kali Natron enthält, so dass diese beiden Vorkommnisse als zwei Species oder als zwei Varietäten einer Species angesehen werden können. Da der Xanthosiderit (pag. 376, Band I.) auch Gelbeisenerz genannt wurde, gab W. Haidinger obigem Minerale den Namen Misy, daher Kali- und Natron-Misy zu unterscheiden, während Misy von Anderen ein nicht genau bestimmtes in Wasser unlösliches, mikrokrystallisches, gelbes wasserhaltiges Eisenoxydsulfat vom Rammelsberge bei Goslar am Harz u. a. O. genannt wurde, welches zum Coquimbit gehören soll, der jedoch in Wasser löslich ist.

Auch der Urusit von der Hochfläche Urus unfern Sarakaja auf der Naphtha-Insel Tscheleken im Kaspischen Meere, welcher gelbe weiche Knollen und erdige Massen, aus mikroskopischen orthorhombischen Kryställchen zusammengesetzt bildet, ist obigen Verbindungen verwandt und enthält auf $2 Na_2O$ $1 Fe_2O_3$, $4 SO_3$ und $8 H_2O$.

Solche Sulfate mögen, wie bei den Salzen Manchen als unwichtige Vorkommnisse erscheinen, deren Feststellung als Arten in gewisser Beziehung auf Schwierigkeiten stösst, doch sind sie bei vermehrter Zahl sicher geeignet, nach und nach die Verbindungsweise aufzuklären. So war z. B. die Zusammensetzung des Alunit lange Zeit unsicher, bis A. Mitscherlich sie richtig bestimmte und die Entdeckung des isomorphen Jarosit lieferte den Beweiss für die richtige Auffassung derselben.

Von den wasserhaltigen Sulfaten der Thonerde oder des Eisenoxydes ohne Alkalien ist schliesslich noch

7. der Aluminit anzuführen, welcher in Thon- und Mergellagern der Braunkohlenformation, wie in Halle und Umgebung, zu Auteuil bei Paris und bei Kochendorf in Württemberg, als 3 Fuss mächtige Ablagerung in Kreide bei Brighton in England, im Quadersandstein von Mühlhausen bei Kralup in Böhmen, in eisenschüssigem Thon auf Kreide bei Newhaven in Sussex u. a. O. sich findet. Der-

selbe bildet, scheinbar feinerdig, derbe Massen und Ausfüllungen oder knollen- bis nierenförmige und kuglige Massen von verschiedener Grösse, selbst kleine oolitisch verwachsene, ist aber mikrokrystallisch, indem sehr kleine durch das Mikroskop als vierseitig prismatische erkannte Kryställchen die scheinbar erdigen Massen bilden, bei den oolitisch verwachsenen Kugeln auch radialfasrige Bildung gefunden wurde. Er ist schneeweiss, graulich- oder gelblichweiss, schimmernd bis matt, undurchsichtig, leicht zerreiblich und hat spec. Gew. = 1,6—1,8, ist mager anzufühlen, wenig an der Zunge haftend, in Wasser unlöslich, in Salzsäure leicht löslich, giebt im Kolben erhitzt viel Wasser, welches sauer reagirt und entwickelt beim Glühen schweflige Säure, ist v. d. L. unschmelzbar und wird mit Kobaltsolution befeuchtet und geglüht blau. Er wurde zuerst für Thonerde oder Thonerdehydrat gehalten, ist aber wasserhaltige schwefelsaure Thonerde mit $1\,Al_2O_3$, $1\,SO_3$ und $9\,H_2O$, doch ergaben die vielfachen Analysen auch andere Mengenverhältnisse, die zum Theil von Beimengungen herrühren mögen. — Verwandt ist der kleine Kugeln auf Baryt bildende Felsöbanyit von Felsöbanya in Ungarn, dessen Kugeln durch sehr kleine rhombische Tafeln gebildet werden.

Solchen Verbindungen der Thonerde stehen auch verschiedene stalaktitische, dichte und erdige Verbindungen des Eisenoxydes zur Seite, wie z. B. der dunkelbraune stalaktitische Glockerit $3\,H_2O \cdot 2\,Fe_2O_3 + 3\,H_2O \cdot SO_3$ von Obergrund bei Zuckmantel in österr. Schlesien, der auch erdig vorkommt und Vitriolocher genannt wurde (so der von Fahlun in Schweden und von Goslar am Harz), der gelbe dichte bis nierenförmige Pastreït $3\,H_2O \cdot 2\,Fe_2O_3 + 3\,(H_2O \cdot SO_3)$ von Paillières unweit Alais im Gard-Depart. in Frankreich, wozu auch ein gelbes derbes, nierenförmiges und traubiges, mit Karphosiderit (einem wasserhaltigen phosphorsaurem Eisenoxyd) verwechseltes Vorkommen in Grönland gehört, sowie der gelbe erdige bis nierenförmige Apatelit $3\,(Fe_2O_3 \cdot SO_3) + 2\,(H_2O \cdot SO_3)$ in Thon bei Auteuil unweit Paris.

Systematik der Minerale

von

Prof. Dr. **Kenngott.**

Im Artikel »Arten der Minerale« (Band I, pag. 50 ff.) wurde bereits erwähnt, dass in der Mineralogie ähnlich wie in der Zoologie und Botanik die einzelnen Minerale durch relative Uebereinstimmung in ihren wesentlichen Eigenschaften, morphologischen, physikalischen und chemischen, Mineralarten (Species) bilden, dass jedoch die Arten nicht nach denselben Grundsätzen, wie in der Zoologie und Botanik aufgestellt werden können. Dies liegt wesentlich daran, dass die einzelnen Minerale nicht den Individuen des Thier- und Pflanzenreiches entsprechen, trotz dessen aber die einzelnen Minerale zu dem Begriffe Mineralarten (Species) führen, die in den Mineralsystemen gruppirt werden und dass die Systematik der Minerale im Allgemeinen auf ähnlichen Grundsätzen beruht, wie die der Thiere und Pflanzen. Dass bei der Aufstellung der Arten, der in Systeme zu gruppirenden systematischen Einheiten nicht durchweg von allen Mineralogen dieselben einzelnen Minerale in dieselbe Art zusammengestellt werden, ist eine sehr natürliche Folge der Grundsätze, nach welchen die einzelnen Arten begrenzt und von einander getrennt werden. Es kommt daher oft vor, dass einzelne Varietäten einer gewissen Mineralart nach der Ansicht des Einen, nach der An-

sicht des Anderen getrennte Arten bilden, die Zahl der Mineralarten dadurch wechselnd wird; im grossen Ganzen aber tritt diese Verschiedenheit nicht so auffallend hervor, wesshalb die Zahl der bis jetzt bekannten, systematisch zu ordnenden Mineralarten nicht erheblich differirt.

Will man jedoch die sämmtlichen bis jetzt bekannten Mineralarten oder Species Gattungen nennen, wie G. TSCHERMAK in seinem Lehrbuche der Mineralogie, Wien 1884, bei Besprechung der Classification pag. 307 verschlägt, so ist dies, wie derselbe selbst bemerkt, eine Neuerung, die für Niemand störend sein wird, welche aber nach seiner Ansicht, wenn auch nicht jetzt, so doch vielleicht in späterer Zeit, eine allgemeinere Aufnahme finden dürfte, sobald die Forschung der naturgeschichtlichen Behandlung der Mineralogie wieder eine grössere Aufmerksamkeit zuwendet und die Bezeichnung der Abtheilungen conform derjenigen gestaltet, welche in den übrigen Theilen der Naturgeschichte seit jeher üblich ist.

Eigentlich ist dieser Wechsel in der Benennung keine Neuerung, da schon WERNER, BLUMENBACH, WEISS u. a. die allgemein üblichen Species Gattungen nannten, während z. B. AUGUST BREITHAUPT in dem ausführlich behandelten Abschnitt »Systematik« in seinem vollständigen Handbuch der Mineralogie, Dresden und Leipzig 1836, I. Band, pag. 404 nur den Ausdruck Species (espèce) passend finden will, weil die Bedeutungen von Art und Gattung im Deutschen schwankend sind. JOH. FRIEDRICH LUDWIG HAUSMANN dagegen hielt es (s. pag. 660 in seinem Handbuche der Mineralogie, Theil I, Göttingen 1828), für zweckmässig, da die Mineralspecies ihrem ganzen Wesen nach verschieden von den Arten der Thiere und Pflanzen ist, für jene nicht die Benennung Art oder Gattung, sonden statt deren den Namen Mineralsubstanz zu gebrauchen. Auf die Systematik selbst haben derartige Meinungsverschiedenheiten keinen erheblichen Einfluss, sie rühren nur wesentlich von der Vergleichung der zu systematisirenden Einheiten in der Mineralogie mit denen der Zoologie und Botanik her, welche sich der Natur der Sache nach nicht vergleichen lassen.

In Betreff der Systeme, welche bis jetzt aufgestellt wurden, ist zunächst zu bemerken, dass man die bekannten Mineralarten oder Species mit einander vergleichend, in gewissen wesentlichen Eigenschaften Verwandtschaft findet und dass man in dieser Richtung Gruppen von verwandten Species bildet, welche höhere Einheiten des Systems bilden. Solche Gruppen, die man als Geschlechter, Sippen oder Genera bezeichnet, werden wieder nach gewissen wesentlichen Eigenschaften vereinigt, wonach man Ordnungen im System aufstellt und durch solche endlich Klassen im System erhält.

Eine solche Gliederung kann nun von unten nach oben, oder von oben nach unten in verschiedener Weise durchgeführt werden und es sind auf diesem Wege sehr viele Mineralsysteme aufgestellt worden, im Verhältniss zu der kurzen Zeit, seit welcher die Mineralogie als Wissenschaft cultivirt wurde und im Vergleiche mit der Zoologie und Botanik so viele, dass schon vor etwa 50 Jahren die Aeusserung fiel »quot capita, tot systemata« und keines der Systeme konnte bis jetzt zu einer allgemeinen Geltung kommen. Die Ursache liegt zunächst in den Grundsätzen, welche man bei der Systematik der Mineralarten geltend machte. Es würde hier zu weit führen, derartige Grundsätze näher auseinander zu setzen, zumal in den verschiedensten Werken, wie z. B. in den bereits genannten von TSCHERMAK, BREITHAUPT und HAUSMANN oder auch in den leichtfasslichen Anfangsgründen der Naturgeschichte des Mineralreiches von FRIEDRICH MOHS, Wien 1832, in dem Handbuch der bestimmenden Mineralogie von WILHELM HAIDINGER,

Wien 1845, im Handbuch der Mineralogie von ERNST FRIEDRICH GLÖCKER, Nürnberg 1831, sowie in dessen Grundriss der Mineralogie, Nürnberg 1839, im Traité de Minéralogie von R. J. HAUY, Paris 1822, von BEUDANT, Paris 1830, von DUFRÉNOY, Paris 1856, im Manuel de Minéralogie von A. DES CLOIZEAUX, Paris 1862 u. a. m. diese besprochen wurden, in einzelnen derselben mit grosser Ausführlichkeit, und aus allen geht hervor, dass eine Einigung in den Grundsätzen der Classification nicht erzielt wurde.

Einzelne der Autoren legen einen grossen Werth auf die Systematik, andere sind der Ansicht, dass das System hier eine geringere Bedeutung hat als in der Zoologie und Botanik. Man unterscheidet auch die Systeme als natürliche und künstliche, als gemischte, rein chemische, rein physikalische oder rein morphologische, ohne auch in dieser Beziehung eine Uebereinstimmung der Beurtheilung zu finden. Nach A. BREITHAUPT (a. a. O., pag. 398) giebt es sogar kein wirklich natürliches System, man könne nur ein System ein naturgemässes nennen, wenn es nach den natürlichen Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten auf synthetischem Wege der Vergleichung äusserer Kennzeichen erhalten wurde. Ein künstliches System resultire, wenn man einen Classificationsgrund wähle, allein ein solcher sei im Gebiete der Mineralogie unmöglich, weil es kein Kennzeichen gäbe, wonach sich alle wesentlichen Verschiedenheiten der Minerale entwickeln liessen. Die Systematik soll nach seiner Ansicht ein naturgemässes System schaffen und dieses muss logisch richtig auch so geeignet sein, dass sich jede Stufe, jedes Glied sicher und leicht an seinem gehörigen Platze und unter seinem Namen auffinden und wieder erkennen lasse. Der Zweck der mineralogischen Systematik könne kein anderer sein, als der, die natürlichen Verwandtschaften der Minerale nach Gliedern und Stufen und in eine einzige grosse Reihe gebracht, darzustellen, so dass die ähnlichen neben einander kommen und eine leichte aber doch sichere Uebersicht über das Ganze möglich gemacht werde. Dem vorzüglichen Systematiker und Mineralogen waren auch die Unvollkommenheiten des Systems bekannt und dieselben nicht unterschätzend hielt er es für unmöglich, dass ein Mineralsystem, und wäre es das naturgemässeste, Ansprüche auf Vollkommenheit erhalte.

FRIEDRICH MOHS, ein gleich vorzüglicher Systematiker und Mineralog, welcher (a. a. O., pag. 343) noch viel eingehender die Systematik besprach, jedoch im Allgemeinen weniger klar als BREITHAUPT, hält die Systematik für das Hauptstück der Naturgeschichte, welches die Prinzipien der Einerleiheit, der Gleichartigkeit und der Aehnlichkeit auf die Produkte der Natur anwenden lehrt, um die Vorstellungen gewisser Einheiten zu erzeugen, welche, nachdem sie vorhanden, fähig sind, auf Begriffe gebracht und dadurch zu naturhistorischen Erkenntnissen erhoben zu werden. Nach ihm ist das Mineralsystem das endliche Produkt der Systematik in der Naturgeschichte des Mineralreiches, das Mineralsystem die geordnete Folge der Vorstellungen aller Klassen, Ordnungen, Geschlechter und Arten, in welche die Individuen des Mineralreiches versammelt sind.

Die Geschichte der Mineralogie zeigt einen beständigen Wechsel in den Systemen, woran nicht allein die verschiedenen Ansichten über Systematik und Systeme die Schuld sind, so wenig wie die zu allen Zeiten vorhandene Anzahl nicht sicher bestimmter Arten neben den sicher bestimmten, welche letztere wesentlich die Grundlage der verschiedenen Systeme bilden. Der Hauptgrund liegt in der Auffassung der Mineralogie als einer Wissenschaft, welche der Zoologie und Botanik gegenübergestellt, das dritte sogen. Naturreich umfasst.

Es wurde schon früher (pag. 53, Band I) darauf hingewiesen, dass die Anorganologie als Wissenschaft alle nicht organisirten natürlichen Körper umfassen sollte, gleichviel, wo sie sich finden und unter welchen Umständen sie entstanden sind, während die Minerale nur diejenigen nicht organisirten natürlichen Körper sind, welche als Zusammensetzungstheile des Erdkörpers vorkommen. In die Anorganologie gehören auch die unendlich zahlreichen Krystalle, welche man unbegreiflicherweise als künstliche (s. pag. 278, Band II) zu bezeichnen pflegte, welche aber eben so wie die Mineralkrystalle nicht organisirte natürliche Körper sind, gegenwärtig schon bedeutend mehr Species als die Minerale bilden und deren Studium in jeder Richtung die Erkenntniss des Wesens der Krystalle überhaupt vervollständigte.

Bilden somit die Minerale als Naturprodukte nur einen Theil der in die Anorganologie gehörigen Naturprodukte, so ergiebt sich daraus, dass nur ein System aller in die Anorganologie gehörigen Naturprodukte auch zu einem naturgemässen System der Minerale führen kann. Die Versuche, nur einen beschränkten Theil der in die Anorganologie gehörigen Naturprodukte systematisch zu ordnen, müssen zu vielen Mineralsystemen führen, gerade wie die Versuche, die in die Forstbotanik gehörigen Pflanzen naturgemäss systematisch zu ordnen, während selbstverständlich nur ein alle Pflanzen umfassendes System zur richtigen systematischen Anordnung der in die Forstbotanik gehörigen Pflanzen führt. Aehnlich verhält es sich in der Zoologie.

Nach Allem, was hier in Kürze über die Systematik und die Mineralsysteme angeführt werden konnte, erscheint es als überflüssig, aus der grossen Anzahl der in diesem Jahrhundert aufgestellten Mineralsysteme einige als Beispiele vorzuführen, wie z. B. die Systeme von WERNER, HAUY, HAUSMANN, BERZELIUS, NAUMANN, MOHS, HAIDINGER, ZIPPE, NECKER, ROSE, BEUDANT, WEISS, GLOGKER, DUFRÉNOŸ, DES CLOIZEAUX, DANA, ZIRKEL, SENFT, QUENSTEDT, BLUM, TSCHERMAK, WEISBACH und GROTH. Solche Beispiele würden wenig mehr als die Namen der Klassen, Ordnungen, Geschlechter und anders genannter Unterabtheilungen vergegenwärtigen, wenn nicht auch die Charakteristik der einzelnen Abtheilungen beigefügt würde. Allerdings ergiebt sich aus einer solchen Zusammenstellung von Beispielen im grossen Ganzen, in welcher Richtung die Systeme gebildet sind, aber ohne die Aufführung der einzelnen Species treten die Unterschiede nicht genügend hervor und es muss desshalb auf die bezüglichen Werke der genannten Autoren verwiesen werden. Es sollen daher nur zwei Beispiele genügen, das System von CARL FRIEDRICH NAUMANN (dessen Elemente der Mineralogie, neunte Auflage, Leipzig 1874, pag. 203 ff.) und das System von FERDINAND ZIRKEL (derselben Elemente zwölfte Auflage, bearbeitet von FERDINAND ZIRKEL, Leipzig 1885, pag. 283 ft.) weil der beschränkte Raum weitere Beispiele anzuführen verbietet. Das erstere ist ein sogen. gemischtes, das zweite ein chemisches. Im Allgemeinen tritt aber immer mehr die Tendenz hervor, die chemische Constitution der Arten wesentlich zur Gruppirung zu verwenden, weil in der That von der Mineralsubstanz die übrigen wesentlichen Eigenschaften abhängig sind.

NAUMANN hatte in seinem Lehrbuche der Mineralogie, Berlin 1828, sein System aufgestellt und dasselbe bis zur angeführten neunten Auflage seiner Elemente den Fortschritten der Wissenschaft entsprechend modificirt, wonach die Eintheilung die nachfolgende ist:

I. Klasse: Metalloidoxyde. Wasser und Eis sind so ganz singuläre Körper des Mineralreiches, dass sie nothwendig von allen übrigen Mineralen

abgesondert und in eine für sich bestehende Klasse gestellt werden müssen, zu welcher sich bis jetzt nur noch der Sassolin und die Kieselsäure gesellt.

1. Ordnung: Hydrogenoxyd.

2. Ordnung: Säuren. a) wasserhaltige, b) wasserfreie.

II. Klasse: Erden und analoge Verbindungen, also Oxyde, Chloride und Fluoride leichter Metalle: farblose oder allochromatische Körper von nichtmetallischem Habitus, und theils steinartigem, theils salzähnlichem Aussehen.

1. Ordnung: Erden. Thonerde und Talkerde. a) wasserfreie, b) wasserhaltige.

2. Ordnung: Fluoride und Chloride. a) wasserfreie, b) wasserhaltige.

III. Klasse: Haloide. Grösstentheils farblose oder allochromatische Körper, meist von salzähnlichem, niemals von metallischem Habitus, welche ihrer chemischen Zusammensetzung nach wesentlich Sauerstoffsalze mit nicht metallischen Radicalen der vorwaltenden Basis und Säure sind; jedoch mit Ausnahme aller Silicate und Aluminate, aller titansauren, tantalsauren und niobsauren Verbindungen.

1. Ordnung: wasserhaltige Haloide. a) Borate, b) Nitrate, c) Phosphate, d) Carbonate, e) Sulfate.

2. Ordnung: wasserfreie Haloide. a) Sulfate, b) Borate, c) Phosphate, d) Fluorsalze, e) Nitrate, f) Carbonate.

IV. Klasse: Chalcite (oder Metallohalite). Grösstentheils farbige oder idiochromatische Körper, meist von salzähnlichem, niemals von metallischem Habitus, welche sich ihrer chemischen Zusammensetzung nach als Sauerstoffsalze mit metallischen Radicalen der vorwaltenden Basis oder Säure, oder auch beider, erweisen; jedoch mit Ausnahme aller Silicate und Aluminate, aller titansauren, tantalsauren und niobsauren Verbindungen.

1. Ordnung: wasserfreie Chalcite. a) Carbonate, b) Sulfocarbonate, c) Sulfate, d) Chromate, e) Stibiate, f) Molybdate, g) Wolframiate, h) Vanadinate, i) Arseniate, k) Phosphate.

2. Ordnung: wasserhaltige Chalcite.

1. Gruppe: krystallinische wasserhaltige Chalcite. a) Carbonate, b) Borate, c) Phosphate, d) Arseniate, e) Vanadinate, f) Sulfate.

2. Gruppe: amorphe wasserhaltige Chalcite. a) Sulfate, b) Phosphate, c) Arseniate, d) Stibiate.

V. Klasse: Geolithe. Desshalb so genannt, weil die meisten steinartigen und dabei aus erdigen Bestandtheilen gebildeten Körper in dieser Klasse auftreten. Es gehören hierher diejenigen Silicate und Aluminate, deren Basen in allen Varietäten vorwaltend nur Erden und Alkalien sind. Nur die wasserhaltigen Magnesia-Silicate lassen oft eine bedeutendere Menge von Eisenoxydul bemerken.

1. Ordnung: wasserhaltige Geolithe (Hydrogeolithe).

A. Erste Gruppe: krystallinische Hydrogeolithe. a) wesentlich Talk-Silicate oder Aluminate, b) hauptsächlich Thon-Silicate, c) wesentlich Kalk-Silicate, d) hauptsächlich Thon- und Talk-Silicate, e) wesentlich Thon- und Kalk- oder Alkali-Silicate, diese wieder getrennt als schwere mit spec. Gew. über 2,6 und als leichte (Zeolithe) mit spec. Gew. unter 2,4. f) Thon-Silicat und Barya- oder Strontia-Silicat, g) Boro-Silicate, h) Thon-Natron-Silicat und Kalksulfat.

B. Zweite Gruppe: amorphe Hydrogeolithe. a) Natron-Talk-Silicat,

b) Kalk-Silicat, c) Talk-Silicate, d) wesentlich Talk-Thon-Silicate, e) Natron-Thon-Silicat, f) Kali-Thon-Silicate, g) wesentlich Thon-Silicate, h) natürliche Gläser.

2. Ordnung: wasserfreie Geolithe (Xerogeolithe). a) natürliche Gläser, b) Alkali-Thon-Silicate, theils mit keinem, theils mit nicht unbedeutendem Kalkgehalte, getrennt als solche mit etwas schwefelsaurem Salze (auch Schwefelmetall) oder kohlensaurem Salze oder Chlorsalze verbunden und als blose Silicate. — c) wesentlich Kalk-Thon-Silicate, d) Kalk-Silicate, e) Kalk-Talk-Silicate und Aluminate, f) wesentlich Talk-Silicate, g) vorwaltend Thon-Silicate, h) Kalk-Borsäure-Silicat, i) Kalk-Glycia- (Beryllia) Silicat, k) Glycia- (Beryllia) Silicate und Aluminate, l) Zirkoniahaltige Silicate.

VI. Klasse: Amphoterolithe. Silicate und Aluminate, deren Basen entweder wesentlich theils Erden und Alkalien, theils Metalloxyde sind, oder deren erdige Basen oft und grösstentheils durch isomorphe Metalloxyde vertreten werden. Es können also im Bereiche einer und derselben Species gewisse Varietäten vorkommen, welche gar keine Metalloxyde enthalten, während andere Varietäten sehr reich daran sind, wesshalb manche Species Uebergänge in die Klassen der Geolithe oder Metallolithe vermitteln.

1. Ordnung: wasserfreie Amphoterolithe.
2. Ordnung: wasserhaltige Amphoterolithe.

A. Erste Gruppe: krystallinische Minerale. a) Silicate von Thonerde und Eisenoxydul, b) Silicate und Aluminate von Magnesia und Eisenoxydul, c) Silicate von Thonerde, Magnesia und Eisenoxydul, d) Silicate von Thonerde und Kali, e) Silicate von Thonerde und Manganoxyd, f) Silicate von Eisenoxyd und Magnesia, g) Silicate von Eisenoxydul und Natron, h) Silicate von Eisenoxydul und Kalkerde.

B. Zweite Gruppe: amorphe Minerale. a) Thoneisenoxyd-Silicate, b) Thoneisenoxyd- und Kalktalksilicat, c) Thoneisenoxyd- und Kalknatronsilicat, d) Thon- und Talkeisenoxydul-Silicat, e) Talkeisenoxydul-Silicat, f) Kali- und Eisenoxydul-Silicate.

VII. Klasse. Metallolithe. Silicate und Aluminate, deren vorwaltende Basen wesentlich schwere Metalloxyde sind.

1. Ordnung: Wasserhaltige Metallolithe.

A. Erste Gruppe. Amorphe Hydrometallolithe, geordnet nach den Metallen Chrom, Nickel, Kupfer, Eisen und Mangan.

B. Zweite Gruppe. Krystallinische Hydrometallolithe, geordnet nach den Metallen Eisen, Mangan, Thorium, Uran, Cerium, Kupfer und Zink.

2. Ordnung: Wasserfreie Metallolithe (Xerometallolithe).

A. Silicate, geordnet nach den Metallen Zink, Zinn, Mangan, Wismuth und Antimon.

B. Aluminate.

VIII. Klasse. Tantalitoide. Tantalsaure, niobsaure und titansaure Salze von Metalloxyden oder Erden, welche in der Regel keinen salzähnlichen, wohl aber oft einen halbmetallischen Habitus besitzen, und sich grossentheils durch die Eigenthümlichkeit ihrer oft sehr complicirten Zusammensetzung auffallend von allen übrigen Mineralen unterscheiden.

A. Tantal-, B. Niob-, C. Titansaure Verbindungen.

IX. Klasse. Metalloxyde und analoge Verbindungen. Also Oxyde, Chloride, Fluoride, Bromide und Jodide schwerer Metalle und solche Verbindungen derselben, welche keinen salzähnlichen Habitus haben.

1. Ordnung: Fluoride, Chloride, Bromide und Jodide.

2. Ordnung: Metalloxyde.

1. Gruppe. Wasserhaltige Metalloxyde, geordnet nach den Metallen Eisen, Mangan, Uran und Antimon.

2. Gruppe. Wasserfreie Metalloxyde, geordnet nach den Metallen Antimon, Arsen, Tellur, Wismuth, Molybdän, Wolfram, Blei, Uran, Zink, Kupfer, Titan, Zinn, Mangan, Iridium und Eisen.

X. Klasse: Metalle. Gediegene Metalle und einige ihrer Verbindungen.

XI. Klasse: Galenoide (Glanze). Schwefel-, Selen- und Tellur-Metalle von metallischem Habitus und meist grauer und schwarzer, selten von weisser oder tombackgelber Farbe, mild oder geschmeidig, selten etwas spröde; Härte bis zu der des Kalkspathes, selten etwas darüber.

A. Tellurische, B. Selenische, C. Sulfurische Glanze.

XII. Klasse: Pyritoide (Kiese). Schwefel-, Arsen- und Antimon-Metalle, von metallischem Habitus und meist gelber, weisser oder rother, selten grauer oder schwarzer Farbe; spröde, mit Ausnahme des Buntkupferkieses; Härte meist grösser als die des Kalkspathes, bis zu jener des Feldspathes. Geordnet nach den Metallen Silber, Kupfer, Mangan, Zinn, Eisen, Kobalt, Nickel und Ruthenium.

XIII. Klasse: Cinnabarite (Blenden). Schwefelmetalle von nichtmetallischem, oder nur halbmetallischem Habitus, pellucid (mit sehr wenigen Ausnahmen); Diamant- bis Perlmutterglanz, z. Th. metallähnlich; mild oder wenig spröde (mit Ausnahme der Zinkblende). Härte meist kleiner als die des Kalkspathes, selten bis zu der des Flussspathes. Geordnet nach den Metallen Kupfer, Mangan, Zink, Cadmium, Antimon, Silber, Mercur, Arsen.

XIV. Klasse: Metalloide.

XV. Klasse: Anthracide. Mancherlei Kohlenstoff-Verbindungen, auf organischem Wege entstanden, als phytogenes Fossil, d. h. mehr oder weniger zersetzte und mineralisirte Pflanzensubstanz; auch Harze, organisch-saure Salze und dergl. Geordnet als Kohlen, Harze und ähnliche Körper und organisch-saure Salze.

Ferdinand Zirkel (a. a. O.) begründete die Gliederung auf die chemische Constitution, wie aus nachfolgender Uebersicht ersichtlich ist.

I. Klasse: Elemente (und deren isomorphe Mischungen).

1. Ordnung: Metalloide.

2. Ordnung: Metalle, drei Gruppen bildend, 1. unedle spröde, 2. unedle geschmeidige und 3. edle Metalle.

II. Klasse: Schwefel- (Selen-, Tellur-, Arsen-, Antimon- und Wismuth-) Verbindungen.

1. Ordnung: Einfache Sulfide (nebst Seleniden, Telluriden, Arseniden, Antimoniden und Bismutiden.

2. Ordnung: Sulfosalze. Darin R das Metall der Sulfobasis (Ag, Cu, Pb, seltener Fe oder ein anderes), Q das Metall der Sulfosäure (Antimon, Arsen, Wismuth, auch Eisen). 1. Sulfoferrite, 2. Sulfantimonite, Sulfarsenite, Sulfobismutite, 3. Anderweitige Verbindungen (Sulfarseniate. Sulfantimoniate).

3. Ordnung: Oxysulfide.

III. Klasse: Oxyde.

1. Ordnung: Anhydride. a) Monoxyde R_2O und RO, b) Sesquioxyde R_2O_3, c) Bioxyde RO_2, d) Trioxyde RO_3, e) anderweitige Verbindungen.
2. Ordnung: Hydroxyde und Hydrate, a) von Monoxyden, b) von Sesquioxyden, c) von Bioxyden, d) von Verbindungen mehrerer Oxyde.

IV. Klasse: Haloidsalze.

1. Ordnung: Einfache Haloidsalze. a) wasserfreie, b) wasserhaltige.
2. Ordnung: Doppelchloride und -Fluoride. a) wasserfreie, b) wasserhaltige.

Anhang: Oxychloride.

V. Klasse: Sauerstoffsalze (Oxysalze).

1. Ordnung: Aluminate und Ferrate.
2. Ordnung: Borate. a) wasserfreie, b) wasserhaltige.
3. Ordnung: Nitrate. a) wasserfreie, b) wasserhaltige.
4. Ordnung: Carbonate. 1. wasserfreie neutrale, 2. basische und wasserhaltige, 3. Chlor- und Fluorhaltige Carbonate, 4. Verbindung von Carbonat mit Sulfat.
5. Ordnung: Selenite, Arsenite, Antimonite.
6. Ordnung: Sulfate. 1. wasserfreie, 2. wasserhaltige, diese unterschieden als einfache und als solche mehrerer Metalle, 3. Sulfat mit Haloidsalz.
7. Ordnung: Chromate.
8. Ordnung: Molybdate und Wolframiate, Uranate.
9. Ordnung: Tellurate.
10. Ordnung: Phosphate, Arseniate und Vanadinate, Niobate, Tantalate. 1. wasserfreie, 2. wasserhaltige Phosphate, Arseniate, Vanadinate, diese unterschieden als einfache Phosphate, Arseniate, Vanadinate und als Phosphate und Arseniate mehrerer Metalle. 3. Phosphate, Arseniate, Vanadinate mit Chlor- resp. Fluorgehalt, 4. Phosphate und Arseniate mit Sulfaten, 5. Phosphate mit Boraten.
11. Ordnung: Antimoniate.
12. Ordnung: Silicate. 1. Andalusitgruppe, 2. Turmalingruppe, 3. Epidotgruppe, 4. Olivingruppe mit Anhang, 5. Willemitgruppe, 6. Granatgruppe, 7. Helvingruppe, 8. Skapolithgruppe, 9. Nephelingruppe, 10. Glimmergruppe (diese getrennt als Biotit-, Phlogopit-, Muscovit- und Margaritreihe), 11. Clintonitgruppe (mit Anhang), 12. Chloritgruppe, 13. Talk- und Serpentingruppe, 14. Augit- und Hornblendegruppe, 15. Cordieritgruppe, 16. Feldspathgruppe mit Anhang, 17. Zeolithgruppe mit Anhang, 18. Thongruppe nebst Anhang: allerlei Metallsilicate.
13. Ordnung: Verbindungen von Silicaten mit Titanaten, Zirkoniaten, Niobaten und Vanadinaten.
14. Ordnung: Titanate und Verbindungen von Titanaten mit Niobaten.

VI. Klasse: Organische Verbindungen und deren Zersetzungsproducte. 1. Salze mit organischen Säuren, 2. Kohlen, 3. Harze, 4. Kohlenwasserstoffe.

Schliesslich ist hier noch zu bemerken, um jedem Missverständnisse vorzubeugen, dass die Gruppen von Mineralen, welche in diesem Buche vorgeführt

wurden, durchaus keine systematische Eintheilung der Mineralarten bezweckten, sondern dass diese Gruppen (s. pag. 68, Bd. I) nur dazu dienen sollten, eine mehr oder minder grosse Anzahl einzelner Arten im Zusammenhange besprechen zu können, weil eine alphabetische Reihenfolge der einzelnen Arten nach ihren Namen den Umfang des Buches erheblich vermehrt hätte, ohne gewisse verwandtschaftliche Verhältnisse in irgend welcher Weise hervortreten zu lassen.

Tertiär-System

von

Dr. Friedr. Rolle.

Auf die mesozoischen oder secundären Ablagerungen, die mit der oberen Kreide schliessen, folgen nach einer Unterbrechung durch ausgedehnte geologische Ereignisse, deren genauere Entzifferung mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, die untersten Schichten des Tertiär-Systems oder neozoischen (känozoischen) Systems. Nach oben verfliesst dasselbe fast unmerklich in das Quärtär-System, wie dieses seinerseits wieder in das heutige Zeitalter. Unterbrechungen durch geologische Ereignisse fallen auch in diese jüngeren Epochen, aber keine Veränderung in der Gestaltung von Festland und Meer hat seitdem so tiefgehende Spuren hinterlassen, wie jene, welche obere Kreide und untere Tertiärschichten scheidet und eine schmerzliche Lücke im geologischen Archiv erzeugt hat.

Im tertiären System unterscheidet man noch vier besondere successive Formationen, Eocän, Oligocän, Miocän und Pliocän. Eine jede begreift noch eine lange Zeitdauer. Aber die Gegensätze zwischen diesen vier Tertiärformationen sind im Vergleich zu dem, welcher Kreide- und Eocän-Schichten scheidet, unerheblich und örtlich, auch besonders nur für das europäische Gebiet ermittelt und oft in andere Erdtheile nur beiläufig zu verfolgen, höchstens noch in die zunächst benachbarten Gegenden derselben. Die Gleichstellung europäischer Tertiärablagerungen mit denen der anderen Erdtheile unterliegt manchen, oft zur Zeit noch unüberwindlichen Schwierigkeiten und ist in vielen Fällen nur annähernd durchzuführen. So gross in diesem Gebiete auch die Fülle des Materials ist, so schwierig wird die Sichtung. Während in einem Gebiete die Hebung herrschte, fand in anderen Senkung statt und damit wird die Erkennung der Schichten gleichzeitiger Gebilde in getrennten Gebieten, deren Ablagerungsbedingungen ganz andere waren, entsprechend erschwert. Der wissenschaftliche Apparat muss damit zusammengesetzter werden.

Während der ganzen Tertiärepoche wechselten noch allmähliche Hebungen und Senkungen über grössere und kleinere Gebiete, offenbar auch zum Theil in compensatorischem Verhältniss. Häufig wechseln daher in einem und demselben Gebiet meerische, brackische, Süsswasser- und Festlandablagerungen wiederholt. Die Identität der Fossileinschlüsse gleichzeitiger, unter gleichen Ablagerungsbedingungen entstandener Schichten müsste nun den Ausschlag geben, aber sie ist nicht mehr so maassgebend ausgesprochen wie im palaeozoischen und im mesozoischen System. Ein neues Moment ist tief eingreifend dazwischen getreten. Die polare Abkühlung unseres Planeten ist in den tertiären Epochen schon weit ausgeprägter, als sie es noch in der Kreide-Formation war, merklicher schon im Eocän, noch maassgebender im Pliocän ausgesprochen. Die klimatischen

Zonen treten nun in den Vordergrund und schliesslich machen sich eistreibende Meeresströmungen und Vergletscherung der Hochgebirge — deren erster Beginn für beide Polarregionen noch im Dunklen liegt — bereits in mittleren Breiten geltend.

So wird der vielgestaltige Wechsel, den im Verlaufe der Tertiärformationen Hebungen und Senkungen in der Beschaffenheit der Gesteine und Fossileinschlüsse hervorrufen, für geographisch entlegene Gebiete durch die allmählich immer mehr vorschreitende polare Abkühlung noch weiter complicirt.

Veränderungen des Klimas mussten natürlich auf die Pflanzen- und Thierwelt mannigfach einwirken. Im Verlaufe der fortwährend und allmählich vorrückenden Abkühlung der beiden polaren Regionen und der damit gegebenen Zurückweichung der Isothermen vom Pol gegen den Aequator zogen sich Floren und Faunen auch in der gleichen Richtung weiter und gelangten, sofern nicht ihre Bestandtheile erloschen oder auf Hindernisse in der Gestaltung von Festland und Meer stiessen, näher gegen den Aequator. Damit waren einerseits die Ursachen zu einer Verarmung der Pflanzen- und Thierwelt in den polaren, und zu einer Anreicherung derselben in der äquatorialen Region gegeben, andererseits musste auf der ganzen Bahn der Bewegung, also namentlich in den mittleren Breiten, eine ganze Reihe von klimatisch verschiedenen Floren und Faunen von Epoche zu Epoche vorüberziehen und in den jeweiligen Bodenschichten ihre Spuren hinterlassen.

So findet man, wo in mittleren Breiten mehrere pflanzenführende Tertiärablagerungen über einander folgen, in den tieferen Schichten noch Reste einer tropischen, in den mittleren die Reste einer mehr subtropischen Flora. In den oberen Schichten aber folgen Pflanzen von klimatisch gemässigtem Charakter — auch gelegentlich wohl einer quartären Flora von arktischem oder glacialem Charakter.

So führen erstlich der vielseitige Wechsel von Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, zweitens die wachsende polare Abkühlung des Erdplaneten und drittens die dadurch hervorgerufene, von den Polen gegen die Aequatorialregion gerichtete Verschiebung der auf einander folgenden Floren und Faunen zu einer so mannigfachen Gestaltung der Tertiärablagerungen und zu einem nach Ablagerungsbedingungen und klimatischen Einflüssen so sehr nach Zeit und Ort verschieden gearteten Charakter der Fossil-Einflüsse, dass die Gleichstellung gleichzeitig entstandener Ablagerungen in entlegeneren Erdtheilen immer unsicherer wird und einer immer erneuten, nie zum letzten Abschluss gelangenden Arbeit bedarf. Diese Schwierigkeit wächst natürlich auch um so mehr, je näher man der äquatorialen Region sich nähert, die gleichsam die Sammelstätte der Reste von allem darstellt, was aus den älteren Formationen und den Zeiten eines gleichmässigen Erdklimas von pflanzlichen und thierischen Lebensformen noch übrig geblieben ist.

Eine durchgreifende Gleichstellung aller Ablagerungen der vier Tertiärformationen für alle fünf Erdtheile ist daher auch heute noch eine ungelöste Aufgabe und viele Einzelheiten werden überhaupt vielleicht nie in's Klare gebracht werden.

Theils zu Anfang, theils im Verlaufe der tertiären Formationen erlangte die Erdoberfläche im wesentlichen ihre heutige Configuration. Für das Festland können wir dies selbstverständlich am nächsten verfolgen. Bedenklicher sieht es mit der Entstehung der grossen Meerestiefen von 3000, 7000 und 8000 Meter aus. Vielleicht hat eine einmal eingetretene Senkung eines Erdtheils in so ge-

waltige Tiefen nie mehr eine Hebung zugelassen. Geringere Meerestiefen sind oft wieder zu Festland geworden, aber die ziffernmässige Feststellung der beträchtlichsten Hebung von Meeresgrund zum Spiegel und darüber ist noch nicht zu erreichen, sie bleibt Aufgabe weiterer Forschung.

Während der mesozoischen Epochen führte bereits die Summe der im Meer und auf dem Festland wechselnden Hebungen und Senkungen zu einer Gestaltung der Continentalgebiete, die in ihren Grundzügen der heutigen von Stufe zu Stufe sich mehr näherte. Wir können dies nur aus einzelnen Bruchstücken erweisen. Dreiviertel des Schauplatzes verhüllt die unerbittliche See und wie weit damals die Festländer in das Gebiet, das jetzt die Meereswogen beherrschen, hineinreichten, ist nur spärlich abzusehen.

Mit Beginn der Tertiärperiode war von jener schliesslichen Gestaltung von Festland und Meer ein gewisser Betrag erreicht. So in Europa zumal in Scandinavien, England, Frankreich, Mitteldeutschland, welche Gebiete schon beiläufig in der heutigen Gestalt über den Meeresspiegel hervorragten.

Aber andere Theile des europäischen Festlandes lagen gleichzeitig noch unter dem Meeresspiegel. So bestand in der älteren Tertiärzeit noch ein weit ausgedehnter Meeresstrich von Marokko und den Pyrenäen beiderseits des Alpengebietes und beiderseits des Mittelmeeres, namentlich auch in Aegypten, sowie in Ostindien und China. Für viele Strecken ist auch die Ermittlung zweifelhaft. Die Alpen scheinen eine von S.-W. in N.-O. gestreckte Insel gewesen zu sein. Jenen weiten westöstlichen Meeresstrich bezeichnen namentlich reichliche Absätze von Nummuliten-Schichten.

Aber schon ist auch mit der Grenze der Kreideformation und der Eocänformation ein anderer Wendepunkt in der Umbildung der Erdoberfläche erreicht, der bis auf den heutigen Tag maassgebend geblieben ist. Die letzte Erhebung ausgedehnter Tiefsee-Ablagerungen fällt zwischen die Kreide und das Eocän. Die weisse Kreide des heutigen Festlandgebietes von Nordfrankreich und Südengland bis Rügen, Seeland und Schonen ist der letzte aus tiefem Meeresgrunde emporgehobene Abschnitt der Erdrinde.

Meer und Festland haben auch in der Tertiärperiode noch mehrfach und in ausgedehnten Gebieten gewechselt. Aber die Beträge der Hebung und Senkung schwankten nur verhältnissmässig wenig um den Meeresspiegel. Von da an fehlen oceanische Ablagerungen in den gehobenen Meeresschichten. Wir kennen daher die Meeresfauna des Tiefsee-Bodens nach Ablagerung der weissen Kreide und die der oberen Kreidezone (Mastricht, Faxoë, Paris) fast gar nicht und müssen die der weissen Kreide in Vergleichungen unmittelbar der des heutigen Tages anreihen. Was von Tiefseefauna dazwischen liegt, ist so gut wie unbekannt. Die dazwischen fallenden meerischen Tertiärschichten vertreten fast nur die Facies der Acephalen und Gasteropoden, auch wohl gelegentlich die der Korallen, Bryozoen, Nulliporen, aber nicht mehr die der Tiefsee. Die aus der letzteren entstandenen Tertiär-Ablagerungen liegen noch heute unter derselben Decke des Oceans, aus dem sie sich absetzten.

Wüssten wir genau die Tiefe, innerhalb welcher die weisse Kreide und jene, in welcher die eocänen Nummulitenschichten entstanden, in Ziffern auszudrücken, so würden wir auch über den Betrag der Umgestaltung von Meer und Festland unmittelbar vor Beginn der Eocän-Ablagerungen und jener bei Hebung der grossen von Marokko bis Ost-Indien und China gestreckten Nummulitenbildung bestimmter urtheilen können. Wahrscheinlich entstand aber die Nummu-

liten-Bildung in keiner so grossen Tiefe wie die Kreide, denn sie enthält keine Ananchytiden und keine Crinoideen-Lager.

Jedenfalls steht die Pflanzenwelt und Thierwelt der oberhalb der Kreideformation abgelagerten Tertiärformationen zu allen älteren Schöpfungen in starkem Gegensatz und schliesst sich in einer Reihe von Charakteren näher der Flora und Fauna des heutigen Tages an, von der sie kein allgemeiner Hiatus mehr trennt.

Dieser Gegensatz zwischen der Lebewelt der Kreideformation einerseits, der unteren Tertiärschichten oder der Eocänformation andererseits ist so beträchtlich und so wichtig, dass wir nothwendig — wenn auch widerstrebend — zur Aufgabe gedrängt werden, eine Erklärung von den dazwischen eingetretenen Ereignissen zu geben. Diese Erklärung würde dann zunächst darauf fussen, dass die Erhebung der Kreideformation die letzten Tiefseeschichten über den Meeresspiegel emporbrachte. Wir können nicht anders annehmen, als dass damit tiefeingreifende Umgestaltungen im Verhältniss von Meer und Festland verknüpft waren, vielleicht die beträchtliche Meeresbodenerhebung auch von ebenso beträchtlichen Festland-Versenkungen begleitet war. Wir müssen auch schliessen, dass beträchtliche Umgestaltungen in der Meer- und Festland-Configuration bedeutenden Einfluss auf deren Bevölkerung hatten, wenngleich wir über den Betrag derselben keinen verlässigen Maassstab besitzen. Endlich sind wir auch zur Annahme berechtigt, dass die Meeresboden-Erhebungen, welche bei jener tiefeingreifenden Umgestaltung von Meer und Festland statthatten, ihre eigenen Spuren zum Theil verwischten. Wir können vermuthen, dass die Ablagerungen, welche uns von solchen Vorgängen irgend welches nähere Zeugniss ablegen könnten, in dem unserer Forschung zugänglichen Theil der Erdoberfläche, — ganz oder doch theilweise — von zerstörenden Einflüssen — namentlich vom Einfluss der Meeresbrandung auf die in Hebung begriffenen Meeresabsätze — wieder abgetragen sind und daher eine unausfüllbare Lücke im Archiv der geologischen Geschichte hinterlassen haben. Wie dem auch sei, jedenfalls liegt die Thatsache vor, dass wie mit Ende der paläozoischen Epoche — und noch vor und während Ablagerung des Buntsandsteins — so auch zwischen oberer Kreide und unterem Eocän bedeutende Umgestaltungen der Erdoberfläche eintraten und entsprechend bedeutende Wendepunkte in der Entwicklung der organischen Reiche statthatten. Ueber das Nähere werden Meinungen und Deutungen wohl noch lange und weit auseinander gehen.

Wir betrachten nun in Kurzem den Gegensatz, der in der Meeres- und der Festlandbevölkerung an den grossen zwischen die Kreide-Epoche einerseits, die unteren Tertiärschichten andererseits fallenden Hiatus anknüpft.

Für das Meeresgebiet erscheint der Gegensatz zwischen Kreide-Formation und Eocän-Formation besonders ausgedrückt durch das völlige Verschwinden der Ammoniten und Belemniten, der Rudisten und vieler anderer Mollusken, wie der Exogyren und Inoceramen. Dazu kommt das Erlöschen der Plesiosauren und überhaupt der letzten ruderfüssigen Enaliosaurier.

Aber auch hier sind Abstufungen bemerklich, die dem grossen Hiatus schon vorausgehen. In der Meeresfauna der obersten bekannten Kreideschichten (Mastricht, Faxoë, Pisolithkalk von Paris) sind schon gewisse mesozoische Typen geschwunden oder nur noch sehr spärlich vertreten und andere Typen von mehr neozoischem Charakter beginnen für sie einzutreten.

Der Gegensatz in der Landflora der oberen Kreide einerseits, der Eocän-

formation andererseits besteht besonders darin, dass vom Beginn der letzteren an Laubholzwälder auf dem Festlande herrschen. Dieser Gegensatz mildert sich auch schon durch das Vorausgehen cretaceischer Dicotyledonen. Bereits in der Cenoman-Stufe treten in Strand- und Süsswasser-Gebilden Dicotyledonen — in einigen wenigen Ablagerungen der arktischen Region und der mittleren Breiten der nördlichen Halbkugel — ziemlich reich vertreten und mit Arten aus einer ganzen Reihe von Familien hervor — als Anzeichen, dass auch in der Kreide-Epoche — wenngleich in Fossilfunden erst örtlich und spärlich vertreten — eine reichliche Dicotyledonen-Flora herangediehen sein mag. Mit den Eocän-Ablagerungen wird dann ihre Entfaltung reichlich und ausgedehnt, ihre Vorherrschaft bald augenfällig.

In der Landfauna machen sich ebenso grosse Gegensätze geltend. Ausgestorben sind mit Beginn der Eocän-Epoche, wenn nicht bereits schon vor Schluss der Kreide-Formation, die Dinosaurier und die Pterodactylen.

Dafür herrschen in den Ablagerungen der Eocänformation mit der Entfaltung der Laubholzwaldungen auf dem Festland die Säugethiere in evidenter Hegemonie. Sie erscheinen hier plötzlich — wie mit einem Zauberschlage — im Vordergrund. Neben Beutelthieren zeigen sich die Vertreter verschiedener Ordnungen der placentalen Säugethiere, namentlich ausgeprägte Hufthiere *(Ungulata perissodactyla)* und entschiedene Raubthiere. Die Tertiärperiode wird darnach mit Recht als das Zeitalter der Laubholzwälder und der Säugethiere bezeichnet, eine Bezeichnung, die aber auch auf die Quartär-Periode ausgedehnt werden muss.

Das reichliche Erscheinen der Säugethiere in der Eocän-Formation stellt auf den ersten Eindruck eine unübersteigliche Schranke zwischen ihr und der Kreideformation her, in der bis jetzt noch kein einziges Säugethier fossil gefunden wurde. Aber ziehen wir die Vertretung der marsupialen Klasse in der jurassischen Schichtenfolge (beiläufig ein Dutzend Genera) in Betracht, so wird es, wenn wir nicht eine wiederholte Schöpfung von Säugethier-Formen annehmen wollen, wahrscheinlich, dass deren Fehlen in Ablagerungen der Kreide-Epoche nur auf verhältnissmässig unerheblichen Nebenumständen beruht und der Faden des Lebens in Wirklichkeit auch hier nie unterbrochen war. In dem Hervortreten der placentalen Säugethier-Fauna im untersten Eocän, namentlich im Erscheinen der ersten wohlausgebildeten Vielhufer und Fleischfresser haben wir eher zu erkennen, dass auch während der Kreide-Epoche in noch unbekanntem Festlandgebiet — vielleicht in der Nordpolarregion — schon eine reichliche Entfaltung der placentalen Fauna vorausgegangen sein mag, von der wir keine fossil erhaltenen Reste bis jetzt kennen. Sie werden aber voraussichtlich auch noch nachgewiesen werden.

Die Meeres-Flora tritt in den Ablagerungen aus dem tertiären Zeitalter im Allgemeinen nur wenig hervor und ihr Erhaltungszustand lässt wie in denen der älteren Epochen viel zu wünschen. Merkwürdig ist im Flysch oder Fucoiden-Sandstein und Fucoiden-Schiefer der Alpen und Karpathen ihr Individuen-Reichthum. Der Flysch ist eine mächtige Schichtenfolge von dunkelfarbigen Schiefern und Sandsteinen, die über den oberen Nummulitenzonen folgt und dem Oligocän (Etage Tongrien inférieur) zugezählt wird. Die Fucoiden überdecken hier oft die Schichtenflächen. Dahin gehören besonders *Chondrites intricatus* Brogn., *Ch. Targioni* Brogn. und *Ch. furcatus* Brogn. Diese Vorkommnisse sind aber zum Theil von solchen aus dem Lias und anderen mesozoischen Formationen kaum zu unterscheiden.

Bemerkenswerth ist für die miocäne Epoche die bedeutende felsbildende

Thätigkeit der Kalk abscheidenden Nulliporen am Rande des Wiener und ungarischen Tertiär-Beckens. Vergl. II, pag. 231.

In der Meeresfauna zeigen sich von der Eocän-Epoche an grosse Gegensätze zu jener, die in der Kreide-Epoche vorausging. Sie beginnen aber zum Theil schon vor dem grossen Hiatus und sind in den obersten Ablagerungen, die man nach mancherlei abweichenden Deutungen jetzt zur Kreide-Formation zählt, wie namentlich im Pisolithkalk von Paris schon ausgesprochen. Ihr Hauptbetrag fällt allerdings in die grosse Lücke des Archivs. Von dem unteren Eocän an tritt dann eine immer grössere Annäherung an die Meeresfauna des heutigen Tages ein, die schliesslich im Verlaufe des quartären Systems zu vollständiger Identität wird.

Spongien sind in der Meeresfauna der tertiären Ablagerungen nur sehr selten vertreten. Die der Kreideformation schliessen sich aber nahe an die des Tiefseeschlammes des heutigen grossen Oceangebietes an. Hier ist die Erklärung nahe gelegt.

Die Crinoideen sind in den Tertiärablagerungen wie verschwunden, aber in der That auch zum Theil nur scheinbar ausgelöscht. Ganz erloschen sind zwar die *Crinoidea tesselata*, aber die *C. articulata* blieben erhalten. Sie lebten in der uns unbekannten Tiefsee der Tertiär-Epochen unbeirrt fort und ihre heute hier noch vertretenen Gattungen reihen sich eng denen der weissen Kreide an. Der Fall ist also derselbe wie bei gewissen Spongien. Aber diese Aufschlüsse sind noch so neu und ihre Erklärung ist noch so provisorisch, dass wir uns dabei nicht aufhalten können.

Die Echinoiden sind in den tertiären Meeresablagerungen reichlich vertreten, namentlich machen sich in der mittleren Tertiärzeit, z. B. in den Nulliporenschichten des Wiener Beckens zahlreiche grosse *Clypeaster*-Arten bemerklich. *Ananchytes* fehlt in den uns bekannten tertiären Schichten, lebte aber in der Tiefsee vermuthlich noch fort und taucht in verwandter Vertretung *(Pourtalesia)* in der Fauna der heutigen Tiefseeregion wieder auf.

Die Brachiopoden sind stark vermindert. Man kennt nur etwa 80 tertiäre Arten. Aber diese vertheilen sich immer noch auf etwa 11 oder 12 Gattungen.

Die Acephalen und Gasteropoden erscheinen von den Vorgängen, die mit dem grossen Hiatus zusammenhängen, im Ganzen (aber vielleicht nur scheinbar) weniger betroffen, treten in den tertiären Ablagerungen an Zahl der Gattungen, Arten und Individuen mächtig in den Vordergrund und bieten von Stufe zu Stufe mehr Arten, die mit solchen des heutigen Meeres specifisch ident sind.

Unter den Acephalen sind oberhalb des grossen Hiatus die Gattungen *Exogyra* und *Inoceramus*, sowie alle Rudisten verschwunden, unter den Gasteropoden ist gleichzeitig *Nerinea* verschwunden, *Pleurotomaria* auf spärliche Artenzahl zurückgegangen. Die Acephalen-Gattung *Trigonia*, reich an Arten in Jura und Kreide, fehlt in den bekannten Tertiärablagerungen, lebt aber im Meere an Süd-Australien noch fort — also in einem Gebiete, wo noch mancher Abkömmling mesozoischer Typen sein Dasein bis auf die heutige Stunde fristen konnte, während der übrige Stamm in anderen Verbreitungsgebieten unterging.

Sehr auffallende Erscheinungen zeigt die Ordnung der Cephalopoden. Ammoniten, Scaphiten, Baculiten und ihre Verwandten, ebenso die Belemniten sind vom ersten Beginn einer tertiären Meeresablagerung an nicht mehr aufzuweisen. Sie traten mit der weissen Kreide, wie wir schon sahen, schrittweise zurück, sind in den mehr litoralen Absätzen der obersten Kreidezone schon auf wenige

Arten zurückgegangen und fehlen nach dem oft erwähnten grossen Hiatus vollständig.

Die Cephalopoden-Fauna der tertiären Meeresschichten trägt überhaupt einen ganz anderen Charakter als die des mesozoischen Zeitalters. Einen verbindenden Faden ergeben besonders nur noch die *Nautilus*-Arten, die durch die vier Etagen des Tertiärsystems anhalten und in jedem durch ein paar Arten, im heutigen indo-pacifischen Ocean auch noch durch ein oder vielleicht zwei Arten lebend vertreten sind.

Sepien und andere Dibranchiaten mögen in den Meeren, welche die uns bekannten tertiären Meeresgebilde ablagerten, häufig gewesen sein. Man findet von ihnen aber gewöhnlich nur die festere kalkige Spitze oder den Mucro der Rückenschulpe und auch diese Funde sind spärlich. Dazu kommen aber aus tertiären Meeresschichten ein paar Gattungen von Dibranchiaten, die sich in sehr merkwürdiger Weise an die hier vermissten Belemniten anschliessen, wie namentlich *Beloptera*, aus eocänen und *Spirulirostra*, aus miocänen Funden bekannt. Sie vertreten auch nur den unteren mucronalen Theil der viel grösseren Rückenschulpe des Thieres. *Spirulirostra* aus der Miocän-Ablagerung von Turin verbindet die gekammerte Spiralschale der lebenden Spirula mit einem massigen Mucro, der sehr nahe an die Scheide der Belemniten erinnert und sich wie diese gegen unten zuspitzt. Damit treten auch die gerade Alveolarschale oder der Phragmoconus der Belemniten und das spirale gekammerte Schalenrudiment der nur aus dem indischen Ocean lebend bekannten Gattung *Spirula* in nahe Beziehung. Letztere ist noch nicht fossil gefunden.

Argonauta, heute in zwei Arten, einer im atlantischen und einer im indopacifischen Ocean lebenden vertreten, erscheint zum ersten und bis jetzt einzigen Male fossil im marinen Pliocän von Asti in Picmont. Es ist die (mit der im indischen Ocean noch lebenden *Argonauta hians* Sol. verwandte) *Arg. Sismondai* Bell.

So bietet die Ordnung der Cephalopoden nach ihrer reichlichen Vertretung in den mesozoischen Formationen und nach ihrer ganz umgestalteten Entwicklung oberhalb des Hiatus, der Kreide und Eocän scheidet, auch noch in den wenigen Arten, die von ihr aus tertiären Meeresschichten vorliegen, schwer zu lösende Aufgaben für Geologie und Paläontologie.

In der Fauna der Meeresmollusken der verschiedenen Stufen des Tertiärsystems — wie überhaupt im Allgemeinen der ganzen Flora und Fauna desselben — erkennt man das allmähliche Auftreten einer immer grösseren Anzahl von Arten, die zunächst den heute lebenden sehr nahe rücken, endlich mit ihnen als unzweifelhaft identisch gelten dürfen. Es ist dies namentlich in der grossen Zahl der viel erforschten meerischen Acephalen und Gasteropoden deutlich ausgesprochen. Man hat dies Verhältniss auch vielfach in numerischen Schätzungen dargestellt. Diese haben wichtige Ergebnisse geliefert, sind aber alle zu einem gewissen Betrag nur annähernd, da erstlich die Entscheidung über specifische Identität fossiler und lebender Formen häufig nur auf individuellem Urtheil beruht, andererseits das Verhältniss der tertiär und lebend zugleich vorkommenden Arten nach dem Vorkommen in tieferen oder seichteren Meereszonen schwankt, in ersteren grösser, in letzteren geringer sich herausstellt. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass von der marinen Molluskenfauna der Eocänstufe keine einzige Art oder höchstens wenige Procente (3% nach Deshayes und Lyell) noch fortleben. Von den Meeres-

mollusken der Miocänfauna mögen vielleicht 20—25 % noch leben, andere Abschätzungen ergeben etwas grössere oder geringere Ziffern. Für die pliocäne Meeresfauna ist der Betrag noch viel gröster und soll bis 90 % steigen.

Wir gehen zur marinen Fischfauna des Tertiärsystems über. Sie zeigt schon in der eocänen Epoche einige ausgesprochene Gegensätze zu der der Kreide-Formation. Haie und Rochen behaupten mehr oder minder unbestritten die Hegemonie im Meere. Erloschen ist *Ptychodus* mit anderen Cestracionten. Die letzten dieser Ordnung, namentlich *Cestracion* PHILIPPI (der *Port-Jackson* SHARK) und ein paar andere Arten leben noch an Australien und Japan, hier örtlich dem Erlöschen entgangen, dem ihr Stamm über das ganze übrige Oceangebiet anheim fiel. Im Abnehmen sind auch die Chimäroiden. Im Eocän von Sheppey sind sie noch vertreten. Wenige Arten leben noch, eine im nordatlantischen Meer (*Chimaera monstrosa* L.), eine andere im australischen und chinesischen Meer.

Die Ganoiden, die vom ersten Erscheinen von Fischresten an — bereits in der Oberregion des silurischen Systems — eine so hervorragende Rolle in den Meeresgewässern spielten, aber im Verlaufe der Kreideformation schon aus der Meeresfauna zurückzutreten begannen, sinken vom Beginn der Eocänformation an noch rascher und ziehen sich ihrerseits meist in die Flüsse des Festlandes zurück, wo sie ihr spärliches Dasein heute noch fristen. *Pycnodus* ist noch in den Eocän-Ablagerungen des Monte Bolca und der Insel Sheppey vertreten, im Miocän schon nicht mehr sicher vorhanden. Ein Stör, *Accipenser toliapicus* AG. ist zu Sheppey noch nachgewiesen. Das scheinen die letzten meerischen Ganoiden zu sein. Die wenigen heute noch lebenden Ganoiden sind theils im Süsswasser internirt, wie der nordamerikanische *Lepidosteus* und der afrikanische *Polypterus*, theils leben sie wie die Störe bald in Flüssen, bald auch im vorliegenden Meeresgebiet, besonders im Schwarzen Meer.

Die Knochenfische, *Teleostei*, zuerst in der Jura-Epoche aus cycliferen Ganoiden hervorgegangen, in der Kreide-Epoche reichlicher angewachsen, werden mit dem Zurücksinken der Ganoiden immer zahlreicher und manche erreichen auch in der Tertiärformation und im heutigen Ocean ansehnliche Grössen. Sie spielen jetzt im Meere dieselbe Rolle wie ehedem die Ganoiden, deren Nachkommen und Erben sie zu gleicher Zeit sind.

Die grossen Reptilien des Meeres, *Plesiosaurus* und alle Enaliosaurier fehlen vom Anbeginn der Eocänepoche an und in allen seitherigen Zeiten. Mit ihnen sind die grossen Mosasauren der Kreide-Epoche verschwunden. Seeschildkröten fehlen nicht in marinen Tertiärschichten, namentlich sind sie im eocänen London-Thon reich vertreten. Mit ihnen Crocodile (Procölier), die aber wohl allmählich sich in die Flüsse zurückzogen, wo wenigstens ihre heutigen Nachkommen vorwiegend zu Hause sind.

Vielleicht schon in einer viel früheren Epoche — sei es in Jura, sei es in der Kreide — entstanden die ersten Seesäugethiere, aber noch liegt Dunkel über Zeit und Art ihres ersten Ursprunges und ein Theil derselben scheint spät entstanden zu sein.

Die Seeraubthiere, *Carnivora pinnipedia*, vielleicht durch die Zeuglodonten in entfernter Stammesverwandtschaft mit den Cetaceen stehend, treten in fossilen Resten erst mit dem Miocän hervor u. A. im Wiener Becken mit Phoken.

Die Cetaceen erscheinen zuerst im Eocän sowohl in Europa als in Nord-Amerika. Am merkwürdigsten von ihnen sind die Zeuglodonten, fleischfressende

Cetaceen mit zweiwurzligen Backenzähnen, letzteres ein Charakter, der sich bei keiner lebend vertretenen Art von derselben Ordnung wiederholt. Delphine sind in Miocän-Ablagerungen beiderseits des Atlantischen Meeres wohl vertreten. Merkwürdig ist, dass die zahnlosen Wale *(Balaenodea)* mit Sicherheit erst aus den jüngeren Tertiärschichten und noch recenteren Meeresküsten-Absätzen fossil bekannt sind.

Die Sirenen *(Sirenia)* oder Seekühe bilden einen unabhängigen Stamm und beginnen schon in Eocän-Schichten. Sie sind heute, wie es scheint, am Erlöschen, *Rhytina* wurde im vorigen Jahrhundert ausgerottet und die Manati's gehen in Flüsse, offenbar im Begriff das Meer, das ihnen nicht mehr zusagt, gegen eine neue Heimath zu vertauschen.

Wo zwei oder mehrere tertiäre Meeresformationen fossilreich über einander lagern, macht sich gewöhnlich auch in der Meeresfauna, am deutlichsten allerdings bei den Acephalen und Gasteropoden, eine ähnliche Uebereinanderlagerung von Vertretern verschiedener klimatischer Zonen geltend, wie man eine solche für die Flora und Fauna des Festlandes in Land- und Süsswasserschichten häufiger kennen gelernt hat. Es geht daraus hervor, dass auch im Meere — vielleicht seit der Zeit der ersten Eisbildung in den Polar-Meeren — eine klimatische Abkühlung stattgefunden hat, die sich zunächst am Meeresboden im Abflusse kälteren und dichteren Wassers von den Polen zum Aequator äusserte, in den mittleren Breiten aber je nach dem örtlichen Verlaufe der oberflächlichen Meeresströmungen auch an der Oberfläche geltend machte und bis zum Eistreiben gehen konnte. Jedenfalls hatten diese Aenderungen in der Meerestemperatur auch ihre reichlichen Wirkungen auf die Meeresbevölkerung und ihnen entsprechen Wanderungen und Verschiebungen der Fauna vom Pole zum Aequator, die wir nur dürftig zu verfolgen vermögen. Der Abfluss von eiskaltem Wasser nach dem Tiefseegrund der Aequatorialregion musste reichliche Folgen auf den gesammten Charakter der oceanischen Fauna üben, namentlich überkommene Typen aus älteren Formationen hier zum Erlöschen bringen und die arktische und antarktische Tiefseefauna am Aequator zusammentreiben. Uber das Alles können wir keine Dokumente beibringen.

Für die Vorgänge in der oberen Meeresregion und in gemässigten Breiten sind wir günstiger gestellt. Am besten ermittelt ist das Verhalten in den tertiären Meeresablagerungen von England und dem gegenüberliegenden Theil von Frankreich und Belgien.

Die unteren Meeresabsätze, unter anderem der London-Thon beherbergen hier noch eine Meeresfauna von tropischem und subtropischem Charakter. Sie führen namentlich noch zahlreiche und zum Theil grosse Arten von *Conus*, *Voluta*, *Cypraea*, *Harpa* u. s. w.

In den nächstfolgenden tertiären Meeresablagerungen desselben Gebietes verlieren sich die Einschlüsse von Meeresbewohnern tropischen Gepräges mehr und mehr. Von Stufe zu Stufe macht sich die wachsende Abkühlung geltend. Die europäische Meeresfauna zeigt nunmehr eine Verwandtschaft mit jener, die heute die Küstenregion der Azoren und Canaren und das grosse Becken des Mittelmeeres bewohnt.

Darnach folgen aber in höheren Schichten — namentlich im mittleren Crag oder Red Crag und noch mehr im oberen Crag oder Norwich Crag von England, oberes Pliocän — erst einzelne boreale Formen, dann auch hochnordische, die heute die arktischen Meeresregionen bezeichnen und höchstens vereinzelt in

gemässigtere Regionen sich verbreiten. Von Stufe zu Stufe nähert sich so die Meeresfauna des britischen Gebietes der des heutigen Tages und des heutigen Klima. Im unteren Crag oder Coralline Crag (mittleres Pliocän) enthielt die Molluskenfauna des britischen Meeres schon viele in demselben heute noch lebende Arten und nur sehr wenige aus nördlicherem Gebiet. Aber die Einwanderung aus letzterem wächst mit dem Red Crag und noch mehr mit dem Norwich Crag (oberes Pliocän), auf welchen dann die vorübergehende dem Quartär-System angehörende Glacialfauna der Drift-Epoche folgt, in der die Verschiebung der arktischen Lebewelt den höchsten Grad erreichte. Sie ist aber seitdem wieder zurückgegangen und hat nur wenige vorgeschobene Arten in der britischen Meeres-Fauna zurückgelassen.

Die Festlandflora des Tertiärsystems zeigt vom Beginn der Eocän-Epoche an bedeutende Gegensätze zu der der Kreide-Formation, namentlich sind die Cycadeen, die noch in den Morastbildungen der Wealden-Gruppe eine hervorragende Rolle spielten, sehr zurückgetreten. Die Dicotyledonen breiten sich mächtig aus, neben ihnen sind in der älteren Tertiärepoche auch in gemässigten Breiten Palmen und Pandaneen noch reichlich vertreten. Aber bald folgt die allmähliche Verdrängung der tropischen Pflanzenformen und die vom Pol gegen die Aequatorialregion gerichtete Vorschiebung neu auftauchender Coniferen- und Dicotyledonen-Formen der gemässigten Klimate, die schliesslich im Beginn der Quartär-Epoche auch mit einer vorübergehenden Vorschiebung arktischer Gewächse, die der Alpenflora den Ursprung gab, ihren Gipfel erreichte.

In der Festlandflora der tertiären Epochen steht überhaupt die immer zunehmende polare Abkühlung unseres Planeten und die Ausbildung der besonderen klimatischen Zonen durchaus im Vordergrund. Eine Flora nach der anderen schiebt sich in der Richtung vom Nordpol zum Aequator über die Reste der älteren vor, gedeiht eine Zeitlang, hinterlässt ihre Spuren in Braunkohlenflötzen und Schieferthonen und eine neue Vegetation rückt ihr nach. So finden wir in derselben Epoche, als in Italien Palmen noch reichlich vertreten waren, in Mittel-Europa Wälder von immergrünen Laubhölzern und von Nadelhölzern eines subtropischen Charakters — und gleichzeitig weiter nördlich in den baltischen Gebieten (und wahrscheinlich auf dem damaligen skandinavischen Festland) eine Waldflora mit abfallendem Laub und Nadelhölzer vom Charakter eines merklich kühleren Klimas. So wird die vom Pol zum Aequator gerichtete Wanderung der successiven Floren immer deutlicher und in vielen mitteleuropäischen Fundstätten folgen in den aufeinander gelagerten Schichtenreihen die Reste jener verschiedenen nacheinander durchgewanderten Floren in derselben Reihe übereinander, wie ihre über das betreffende Gebiet hinausgehende Erscheinung Gelegenheit zu successiver fossiler Erhaltung gab.

In der Landflora des Eocän herrschen die Dicotyledonen und bilden vorherrschend die Waldungen. Mit ihnen sind, während die Cycadeen auf europäischem Boden schon fast ganz zurückgetreten sind und auch die Gefässcryptogamen nur noch eine untergeordnete Rolle spielen, Coniferen, Palmen, Pandaneen, Musaceen u. s. w. reichlich vertreten. Aechte Tropenformen sind in Europa noch häufig und man kann immer noch die mittlere Temperatur von Mittel- und Süd-Europa zur Zeit der Eocänflora auf beiläufig 25° C. veranschlagen. Namentlich ist der London-Thon der Insel Sheppey (Themse-Mündung) ausgezeichnet durch eine grosse Mannigfaltigkeit von verkiesten Früchten tropischer Gewächse, die an die Flora von Bengalen und der Molukken erinnern.

Die Flora der unteren Oligocän-Schichten von Nord-Deutschland (nordostdeutsche Braunkohlen-Bildung, Etage Tongrien inférieur) trägt schon den Charakter der heutigen subtropischen Flora. Sie steht namentlich der heutigen Pflanzenwelt von Louisiana und Florida nahe, enthält aber auch noch Reste einer tropischeren Flora von mehr indisch-australischem Charakter, die ihr voraus ging, in demselben Gebiet aber nicht zur Ablagerung gelangt ist. Besonders bezeichnend für sie ist das reichliche Vorkommen von Cupressineen und von immergrünen Laubhölzern zusammen mit Fächerpalmen, namentlich *Sabal-* oder *Flabellaria-*Arten. Von Laubhölzern herrschen besonders Arten von *Quercus, Alnus, Juglans, Betula, Acer, Laurus, Cinnamomum, Magnolia, Dryandroides* u. s. w.

Dieser unteroligocänen Flora gehört auch der in einer Meeresablagerung eingestreute Bernstein des Samlandes bei Königsberg an.

Es ist ein vom Meer der älteren Oligocän-Epoche angeschwemmtes Harz von einer Anzahl von *Pinus-*Arten, welche damals einen grossen Theil des nordeuropäischen Festlandes, namentlich Skandinavien, überzogen haben mögen. Eine dieser Arten ist *Pinus succinifer* GÖPP. Nach GÖPPERT soll der Bernstein das Harz von 8 oder 9 *Pinus-*Arten der damaligen Flora vertreten. Er erscheint hier aber als Meeresanspühlung fern von den Festlandwaldungen, wo er sich erzeugte und nur in Gesellschaft unansehnlicher zum Theil abgerollter Holz-Fragmente, sowie einiger Meeres-Conchylien. (Vergl. Bd. III., pag. 31).

Von da an ändert sich weiterhin die europäische Festland-Flora in allmählichen Abstufungen. Die Flora der Miocän-Epoche steht der oligocänen noch sehr nahe. Auf europäischem Boden — in Mittel- und Nord-Deutschland und in der Schweiz — finden sich noch einige Palmen. Coniferen und dicotyledonische Laubhölzer stehen noch denen der heutigen Flora der wärmeren Striche von Nord-Amerika sehr nahe. Aber Arten, welche die nächste Verwandtschaft mit solchen der heutigen mittel- und südeuropäischen Flora zeigen, treten bereits reichlicher als in den älteren Schichten hervor. Noch im obersten Horizont der Miocän-Epoche, der oberen Süsswasser-Molasse — namentlich im Süsswassermergel von Oeningen am Bodensee — besteht die Landflora der Mehrzahl nach aus dermaligen amerikanischen und in zweiter Reihe erst aus europäischen Typen.

Während der Pliocän-Epoche ändert sich der Charakter der Landflora von Mittel- und Süd-Europa noch weiter, das Gepräge eines gemässigten Klima macht sich immer mehr geltend. Im unteren Pliocän des Wiener Beckens (Congerien-Stufe, Inzersdorfer Schichten) schliesst die Flora sich noch sehr der zu Oeningen (oberes Miocän) an, sie deutet noch auf ein warmes gemässigtes Klima. Palmen fehlen. Im oberen Pliocän ist die klimatische Sonderung wiederum einen Schritt weiter gerückt. Die Flora der Subapenninen-Schichten (Siena u. a. O.) kommt auch der von Oeningen noch sehr nahe, aber die Typen der Flora der heutigen mittelmeerischen Küstenländer sind schon mehr im Vorwiegen.

Die nachbasaltische Flora der Wetterau (Wetterauer Haupt-Braunkohlenablagerung, Dorheim, Dornassenheim etc.) ist oberes Pliocän (beiläufig gleich alt mit dem Norwich Crag von England und den Süsswasserabsätzen des Arno-Thales in Toscana). Sie entspricht schon fast ganz dem heutigen Klima von Mittel-Deutschland. Diese Flora entspricht auch schon vorwiegend dem heutigen Flora-Bestand derselben Gegend, es sind darunter aber noch einige nordamerikanische und einige mittelmeerische Typen. Das Klima der Dorheimer Braunkohlenflora mag etwa 11—12° C. betragen haben.

Die Festlandfauna entwickelt sich im Verlaufe der tertiären Epochen — gestützt auf die reichhaltigere Nahrung, welche ihr unmittelbar oder mittelbar die herrschend gewordene Dicotyledonen-Flora lieferte — zu einem unabsehbaren Reichthum. Auch hier macht sich die klimatische Differenzirung geltend und die für die heutige geographische Verbreitung charakteristischen Züge treten von Stufe zu Stufe mehr hervor.

Unter den Mollusken entwickeln die Lungenschnecken *(Pulmonata)* mit einer Reihe von Gattungen, unter denen *Helix* im Vordergrund steht, einen immer zuwachsenden Artenreichthum. Die Insecten treten in den Einschlüssen des Bernsteins (unteres Oligocän) in zahlreichen Gattungen und Arten hervor. Ihr reichliches Anwachsen in den tertiären Epochen kommt zu einem gewissen Theil auf Rechnung der zunehmenden Dicotyledonen-Flora.

In den Flüssen und Seen des Festlandes nehmen nun die Knochenfische überhand. Die Ganoiden, deren letzte Arten sich ins süsse Wasser zurückgezogen haben, verschwinden im europäischen Gebiet mit einer eocänen Süsswasser bewohnenden *Lepidotus*-Art. Noch ausgesprochener ist ihr Rückzug im amerikanischen Gebiet. In den ältesten eocänen Süsswasserablagerungen von Nord-Amerika erscheinen wohlbezeichnete Arten der in demselben Erdtheil in Flüssen noch lebenden Ganoiden-Gattungen *Lepidosteus* und *Amia*, die sich den heutigen Arten schon eng anschliessen, welche Flüsse und Seen von Nord-Amerika derzeit bewohnen. In den darauf folgenden Ablagerungen sind Arten von *Lepidosteus* und *Amia* noch häufig. Mit ihnen erscheinen hier Siluroiden, nahe verwandt mit der heutigen Gattung *Pimelodes*. Damit erscheinen auch zahlreiche kleine Clupeaceen, Verwandte der Heringe, auch ein zum Süsswasser-Bewohner gewordener Roche, *Heliobatis*.

Die Batrachier — mit Ende der Trias unter den fossil erhaltenen Resten verschwunden — lebten aller Wahrscheinlichkeit nach in der Jura- und Kreide-Epoche in geeigneten Land- und Süsswasser-Gebieten, von denen wir keine Ablagerungen im geologischen Archiv kennen — unter mannigfaltiger Umgestaltung noch fort. Sie erscheinen erst in der Tertiärperiode von Neuem in der fossil erhaltenen Fauna, namentlich vom Oligocän an und im Miocän von Mittel-Europa in Gestalt von Tritonen, Salamandern und Fröschen. In Nord-Amerika ist das fossile Auftreten der Batrachier ganz ähnlich wie in Europa. Dies dürfte auf einen circumpolararktischen Ursprung der neuen Ordnungen derselben deuten.

Die Reptilien-Fauna des Festlandes hat sich von der Kreide-Epoche an bis zum Eocän stark verändert. Vom Beginn des Eocän an fehlt jede Spur von Dinosauriern und von Pterodactylen. Sie sind für immer erloschen. Krokodile erhalten sich reichlich in den Flüssen, Eidechsen auf dem Festland. Die Schlangen beginnen in der Kreide-Formation schon. Häufiger erscheinen sie mit der Eocän-Epoche in Europa und in Nord-Amerika. Mit ihnen die ersten Landschildkröten. Die letzten Krokodile auf europäischem Boden erscheinen in den mittleren Tertiärschichten (wie *Crocodilus* UNGERI zu Wies in Steiermark) und erreichen nicht die Hälfte der Grösse der heute noch in Flüssen tropischer und subtropischer Gegenden fortlebenden Arten.

Reichlich entwickelt im Gegensatz zu den vorausgegangenen spärlichen Funden aus mesozoischen Schichten erscheint die Klasse der Vögel in den verschiedenen Stufen des Tertiärsystems. Erwähnen wollen wir hier nur als besonders merkwürdigen Fund *Gastornis parisiensis* aus den tiefsten Eocän-Schichten von Meudon bei Paris (aber noch oberhalb von dem der Kreideformation zu-

gezählten Pisolith-Kalk). Es ist ein Vogel von der Grösse des Strausses mit Charakteren der Wat- und Stelzvögel.

Den grössten Gegensatz der tertiären zur mesozoischen Land-Fauna ergeben die Säugethiere.

Im Keuper und Jura durch eine Anzahl Beutelthiere vertreten — in der Kreide bis jetzt noch gar nicht fossil gefunden — erscheinen sie schon in den ältesten Landthierreste führenden Tertiärablagerungen von Europa durch ein paar Raubthiere, namentlich ein bärenartiges Raubthier *Arctocyon primaevus* BLAINV. und ein paar Dickhäuter, namentlich *Coryphodon eocaenus* OW. vertreten. Von da an herrschen die placentalen Säugethiere in verschiedenen Ordnungen auf europäischem Gebiet in immer wachsender Mannigfaltigkeit.

Die Beutelthiere zeigen sich gleichzeitig auf demselben Boden nur noch durch einige wenige *Didelphys*-Arten vertreten, die schliesslich auch für dieses geographische Gebiet ganz erlöschen. Diese letzten europäischen Beutelthiere gehören dem amerikanischen Typus ihrer Ordnung an. Dies ist insofern bedeutsam, als die im Jura von Europa vertretenen Beutelthiere an australische Formen sich vorzugsweise anschliessen.

Ganz anders mag die Vertretung der eocänen Säugethierfauna in den anderen Festlandgebieten unseres Planeten — namentlich in Australien — gewesen sein. Aber wir kennen in dieser Hinsicht nur Nord-Amerika und Europa.

Noch weit reicher an merkwürdigen Säugethierformen, als in unseren Gegenden ist die Eocän-Formation von ihrer ältesten Zone an in den Rocky mountains im westlichen Nord-Amerika. Eocän und Miocän sind hier durch Süsswasserabsätze ausgedehnter Binnenseen, in denen Ganoiden und Krocodile lebten, vertreten und in einer ganzen Reihe von Horizonten reich an Resten der Säugethiere, die an deren Ufern sich umhertrieben.

Die unterste Eocänzone der Rocky mountains (Wahsatch Group oder Coryphodon-Beds genannt), liefert eine auffallend grosse Anzahl von Hufthieren, aber auch schon Carnivoren, Nager und Affen.

Die Gattung *Coryphodon*, ein Hufthier aus der Abtheilung *Ungulata perissodactyla*, aber von primitiverem Typus als alle übrigen lebend oder fossil bekannten Thiere dieser Abtheilung, erscheint im *Lower eocene* von Nord-Amerika in mehreren Arten und enthält die grössten Landbewohner ihres Zeitalters. Einige Arten überschritten die Grösse des heutigen Tapir's.

Eohippus erscheint in mehreren Arten, alle von der Grösse eines Fuchses. Nach Bau des Fusses und der Zähne glaubt MARSH in *Eohippus* die älteste perissodactyle (unpaarzehige) Stammform der nachmaligen Pferde zu erkennen.

Die merkwürdigsten Säugethiere des *Lower eocene* und *Middle eocene* der Rocky mountains sind nach MARSH die Tillodonten. Er sieht in ihnen die ungulate Stammform, von der nachmals die Edentaten ausgehen. Eine der Tillodontengattungen, *Stylinodon* aus dem *Middle eocene* von Wyoming, hat wurzellose Zähne. Zwischen die Tillodonten und die bekannten jüngeren Edentaten schiebt MARSH aber noch die im mittleren Miocän und im unteren Pliocän von Nord-Amerika vertretene Familie der Moropodiden ein, die den Edentaten schon bestimmt angehören sollen.

Weiter lieferte das untere Eocän von Nord-Amerika noch Carnivoren. *Limnocyon* ist verwandt mit *Pterodon* aus dem europäischen Eocän und erscheint auf dem amerikanischen Gebiet häufig.

Ebenso lieferten die Nager häufige Reste im unteren Eocän von Nord-

Amerika, unter ihnen begreift die Gattung *Sciuravus* nach MARSH offenbar Verwandte des Eichhorns.

Die Stammväter der Affen glaubt MARSH im *Lower eocene* von New Mexico gefunden zu haben. Hierher gehört die Gattung *Lemuravus*, verwandt mit den heutigen Lemuren. *Limnotherium* soll mit denselben und den kleinen Aeffchen *(Marmosets)* von Süd-Amerika verwandt sein.

Die übrigen Zonen des Eocän, Miocän und Pliocän beherbergen einen gleichen — schon fast erdrückenden — Reichthum an Säugethierresten. Wir begnügen uns mit der kurzen Erörterung der Hauptfunde aus der ältesten Zone und wenden uns wieder zum europäischen Gebiet.

In den oberen Regionen der Eocän-Formation sind bei Paris und London die Säugethiere schon etwas reichlicher vertreten, als im unteren Eocän und unter ihnen ist der Urstamm der Tapire, der Schweine und der Wiederkäuer zu bemerken. Wir halten uns dabei aber nicht auf, sondern wenden uns zur Landsäugethierfauna des unteren Oligocän (knochenführender Gyps des Montmartre und Bohnerze des Jura), die in noch reichlicheren Funden vorliegt, um so mehr als hier einzelne Arten nach dem ganzen Skelett bekannt sind.

Einen ungewöhnlichen Reichthum an wohlerhaltenen Resten landbewohnender Säugethiere lieferte der Süsswassergyps des Montmartre bei Paris (unteres Oligocän, Horizont der nordostdeutschen Braunkohlenbildung und der Bernstein-Schicht des Samlands). Man kennt aus diesem Gypslager und den damit gleich alten Schichten der Auvergne und Englands über 50 Säugethierarten, namentlich Lophiodonten, Palaeotherien, Anoplotherien, auch Raubthiere, Beutelthiere, Nager, Flederthiere u. s. w. Auf den Schichtungsflächen des Montmartre-Gypses — und zwar in mehreren Niveaus über einander — findet man auch noch die Fusstapfen von vielen dieser Thiere, die sich im weichen Schlamme am Rande eines Süsswassersee's umhertrieben.

Eine sehr merkwürdige Säugethier-Fundstätte, gleich alt mit dem knochenführenden Gyps von Paris sind die Bohnerzablagerungen des Jura's der Schweiz und Schwabens. Es sind thonigsandige Festlandabsätze mit Knollen von Brauneisenstein nebst Knochen und Zähnen von Säugethieren. Sie füllen im Gebiete des Jurakalkes Vertiefungen und Gesteinsklüfte aus und dürften namentlich durch Regengüsse zusammengeschwemmt sein, (man hat sie übrigens z. Th. auch in ganz anderer Weise schon gedeutet). Sie stammen aus verschiedenen Epochen der Tertiärformation. Die ältesten von Säugethierresten begleiteten Bohnerze erweisen sich aber durch das Vorkommen von Lophiodonten, Paläotherien und Anoplotherien als gleich alt mit dem Pariser Knochengyps und anderen Ablagerungen des unteren Oligocän.

Fassen wir diese vom Schweizer Jura bis England verbreitete Landsäugethierfauna zusammen, so stellt sich in erster Linie eine vorwiegende Vertretung der Hufthiere, *Ungulata*, heraus, welche die Ausgangspunkte der später auftretenden Tapire, Nashörner, Pferde, Wiederkäuer und Schweine erkennen lässt und namentlich sowohl unpaarzehige Formen (Perissodactylen) als paarzehige Formen (Artiodactylen) begreift. Erstere stellen die primitivere Form dar, gehen vermuthlich von den untereocänen Coryphodonten aus und enthalten die Ausgangsformen der späteren Tapire, Nashörner und Pferde. Mit ihnen sind die unter Umgestaltung der Fussform hervorgegangenen paarzehigen Hufthiere, *Ungulata artiodactyla*, schon reichlich vertreten und zerfallen bereits nach der Bezahnung in zwei Gruppen, die in den jüngeren Epochen noch weiter auseinander gehen und

einerseits die Schweine und ihre Verwandten (Bunodonten) und andrerseits die Wiederkäuer, *Ruminantia* (oder Selenodonten) begreifen. Darunter sind mancherlei noch schwankende Formen von mehr oder minder zweifelhafter Stellung. (So kann man wohl den Stamm der Wiederkäuer weit zurückleiten, aber unmöglich ist es, in dessen Verlauf die erste Art festzustellen, die wirklich schon wiederkäute!)

Wir beginnen mit den unteroligocänen Perissodactylen oder unpaarzehigen Hufthieren (zu den sogen. Dickhäutern, Pachydermen gehörig, die nicht mehr als natürliche Ordnung gelten können).

Lophiodon, schon in der Eocän-Fauna vertreten, ist eine offenbar von den Coryphodonten abstammende Gattung mit Arten, die zum Theil die Grösse des Tapirs überschritten. Zahlreiche Arten erscheinen im Knochengyps und in Bohnerzen. Ihr Gebiss zeigt ihre Verwandtschaft mit den Tapiren und Rhinoceroten späterer Epochen und man hat Grund sie als deren Ahnen aufzufassen, am nächsten stehen ihnen noch die Tapire der heutigen tropischen Gebiete.

Palaeotherium, ebenfalls in der Eocän-Fauna schon vertreten, gleichfalls in Knochengyps und Bohnerzen in zahlreichen Arten erscheinend, schliesst sich den Lophiodonten noch nahe an, scheint aber von ihnen sich schon etwas später abgezweigt zu haben. Die Palaeotherien durch CUVIER's bahnbrechende Untersuchungen der Montmartre-Fauna (Recherches sur les ossements fossiles. Erste Auflage 1812.) vortrefflich bekannt, waren Thiere von der allgemeinen Körpergestalt der heute lebenden Tapire und die frei hervorragende Stellung ihres Nasenbeins zeigt, dass sie auch gleich den Tapiren mit einem kurzen Rüssel versehen waren. Man betrachtete die Palaeotherien daher als Mittelglied zwischen Lophiodonten und Tapiren. Die Kronen der unteren Backenzähne der Palaeotherien gleichen ferner sehr denen der Rhinoceroten, die man als eine zweite von der Palaeotheriden-Familie später sich abzweigende Linie auffasst. Aber auch die Pferde lassen sich unter weiter gehender Umgestaltung von Gebiss und Fussform von denselben als eine dritte Linie ableiten. Ueberhaugt ist *Palaeotherium* ein merkwürdiger »Collectiv-Typus« welcher den heute scheinbar so weit von einander abweichenden Formen des Tapirs und des Pferdes präludiert und wahrscheinlich die gemeinsame Stammform beider darstellt. *Palaeotherium magnum* CUV. aus dem Pariser Gyps erreichte die Grösse eines Pferdes.

Anchitherium, auch schon im Schweizer Bohnerz (reichlicher in miocänen Schichten) vertreten, steht *Palaeotherium* noch sehr nahe und leitet die Seitenlinie der Pferde ein. (Ueber den Stammbaum der Pferde vergl. pag. 199—200).

Zu den paarzehigen Hufthieren, *Ungulata artiodactyla,* gehört die im Pariser Gyps und in Bohnerzen reichlich vertretene Familie der Anoplotheriden mit den Gattungen *Anoplotherium, Xiphodon, Dichobune* u. s. w. Sie ergiebt den Ausgangspunkt der nachmals und noch lebend reichlich vertretenen Wiederkäuer (*Ruminantia,* Selenodonten), zunächst der Moschiden.

Anoplotherium begreift grössere Thiere mit langem kräftig entwickeltem Schwanz, etwas schlanker gebaut als die Palaeotherienund ohne Rüssel. Ihr Gebiss ist durch die zusammenhängende Reihe der Zähne ausgezeichnet und kein Zahn überragt erheblich die Höhe der übrigen, auch die Eckzähne nicht. Die Kauflächen der Molaren ähneln denen der Wiederkäuer. Die Füsse waren sämmtlich zweizehig, was ebenfalls den Wiederkäuern präludirt (»gespaltene Klauen«). Das alles deutet an, dass *Anoplotherium* eins der Mittelglieder zwischen den

ältesten Perissodactylen *(Coryphodon)* und den nachmaligen Wiederkäuern *(Moschus* u. s. w.) darstellt, wenn auch der genaue Stammbaum noch nicht zu verzeichnen ist. *A. commune* Cuv. aus dem Pariser Gyps erreicht etwa die Grösse eines Damhirsches.

Xiphodon ist ein kleinerer schlank gebauter Anoplotheride, die Eckzähne und Prämolaren waren schneidiger als bei *Anoplotherium*, daher der Gattungsname (»Schwert-Zahn«).

Eine andere Artiodactylen-Gattung war *Dichobune*, sie begreift kleinere Thiere, z. Th. von der Grösse eines Hasen. Die Füsse waren zweizehig, hatten aber noch zwei seitliche kurze Nebenzehen.

Ein anderer Zweig der paarzehigen Hufthiere, *Ungulata artiodactyla*, der in der unteroligocänen Fauna des Knochengypses und der Bohnerze schon reichlich vertreten war, sind die Suillinen oder schweineartigen Hufthiere (Bunodonten). Dahin gehört *Chaeropotamus Parisiensis* Cuv. aus dem Gyps des Montmartre, welches Charaktere der Anoplotherien mit solchen der in Süd-Amerika lebenden Peccari's (Dicotyles) verbindet. Ferner *Hyracotherium*, *Hyopotamus* u. s. w.

Diese theils herbivoren, theils omnivoren Hufthiere begleiteten in der unteroligocänen Landfauna von Mittel-Europa eine Anzahl von Fleischfressern oder Carnivoren, unter ihnen Verwandte der Viverren und mehrere hundeartige Raubthiere.

Hyaenodon aus dem Pariser Knochengyps zeichnet sich durch mächtige Eckzähne und schneidige Form der Prämolaren und durch Molaren aus, die auf sehr räuberische Lebensweise deuten. *Amphicyon*, in den Bohnerzen vertreten, häufiger in Miocän-Ablagerungen, erinnert in Schädelform und Körpergestalt an Bären, die Molaren sind höckerig-tuberculirt. Diese Gattung vereinigt noch Charaktere der später schärfer geschiedenen Familien *Ursidae* und *Canidae*.

Merkwürdig ist noch das Vorkommen eines Beutelthier's, *Didelphys Cuvieri* Mey. im Pariser Knochengyps. Man kennt den Unterkiefer mit Zähnen und das Becken mit den beiden Marsupialknochen. Es ist aber kein australischer Typus mehr, wie ihn die Beutelthiere des Keuper und Jura von Europa und Nord-Amerika erkennen liessen, sondern ein Vertreter der in Amerika allein noch lebenden Gattung *Didelphys* — ein Beweis mehr zu anderen für die Thatsache, wie nahe die Landthierfauna von Europa und Nord-Amerika in den älteren Tertiärepochen in Verband standen.

Noch wollen wir in Kürze das Vorkommen von Nagern *(Sciurus)*, Flederthieren *(Vespertilio)* und Lemuren *(Caenopithecus)* in Knochengyps und Bohnerzen erwähnen.

Keine einzige Art der unteroligocänen Landsäugethierfauna Europa's lebt noch fort. Auch die Mehrzahl der in ihr vertretenen Gattungen ist sicher erloschen. *Didelphys* lebt heute noch im tropischen und subtropischen Amerika, aber eine Menge von heute reichlich im Festlandgebiet der nördlichen Halbkugel vertretenen Gattungen, Familien und selbst Ordnungen fehlen noch in der fossilen Fauna des Montmartre und der Bohnerze und sind erst später aus ihr und ihren Zeitgenossen anderer Festlandgebiete — durch Transmutation und höhere Differenzirung — hervorgegangen. Es fehlen noch unter den Perissodactylen die Tapire, die Rhinoceroten, die Hipparionen und deren Abkömmlinge. Die ächten Pferde — unter den Artiodactylen die gehörnten Wiederkäuer (Hirsche, Antilopen, Ziegen, Ochsen, Schafe u. s. w.) ebenso die eigentlichen Schweine und die Hippopotamen (Nilpferde). Ganz fehlt noch die Ordnung der Rüssel-

thiere, *Proboscidea*. Ebenso fällt unter den unteroligocänen Säugethieren noch der Mangel der hochdifferenzirten Raubthiergattungen, namentlich der Katzenarten *(Carnivora felina)*, der Bären u. s. w. auf. Vorherrschend sind auch hier noch die primitiveren Collectiv-Typen *(less specialized forms)* vertreten, aus denen erst im Verlaufe der nächsten geologischen Epochen die schärfer ausgesprochenen, und weiter von einander geschiedenen Gipfelformen *(specialized forms)* des heutigen Zeitalters hervorgingen.

Wir überspringen die mittel- und oberoligocänen Säugethiere.

In der Miocän-Epoche treten in Mittel-Europa besonders Vertreter der Rüsselthiere, *Proboscidea*, durch Häufigkeit der Arten und riesenhafte Körpergestalten in den Vordergrund, so namentlich die durch grosse nach unten gerichtete Stosszähne im Unterkiefer ausgezeichneten Dinotherien. Sie stehen sehr vereinsamt im System der lebenden und fossilen Säugethiere. Die theils zweihügeligen theils dreihügeligen Backenzähne (bilophodonter Zahntypus) erinnern an die Zahnform des Tapirs und der eocän und oligocän vertretenen Gattung *Lophiodon*. Cuvier schrieb sie noch dem Tapir zu.

Damit erscheinen im Miocän die den Elephanten vorausgehenden, vier Stosszähne — zwei grosse schwach gekrümmte im Oberkiefer, zwei kleinere gerade im Unterkiefer — führenden Mastodonten. Aber noch fehlen die Elephanten, die erst um eine Etage höher hervortauchen.

Die Dinotherien und Mastodonten im Miocän von Europa stehen für dies Gebiet vereinsamt. Höchstens können die zweihügeligen Backenzähne von *Dinotherium* als Andeutung ihrer Abkunft von *Lophiodon* gelten.

Vielleicht giebt statt dessen die Eocän-Fauna von Nord-Amerika noch Aufschluss über die Abstammung der Mastodonten. Die Dinoceraten mit der Gattung *Dinoceras* und zwei anderen Gattungen waren im *Middle eocene* im Westen der Rocky Mountains — in den von Marsh so genannten *Dinoceras Beds* — ziemlich häufig. *Dinoceras* begreift grosse Thiere von elephantenartigem Rumpf- und Glieder-Bau. Der Fuss ist fünfzehig und im allgemeinen Bau dem von *Coryphodon* ähnlich. Ihre Charaktere vermitteln zwischen unpaarzehigen Hufthieren, *Perissodactyla*, — namentlich Tapiren und Rhinoceroten — einerseits, Mastodonten und Elephanten andererseits. Der Schädel trug seltsamer Weise drei paar Hörner. Marsh leitet diese Dinoceraten bestimmt von *Coryphodon* ab und vermuthet, dass sie ihrerseits die Stammväter der Proboscidier waren. Aber die Dinoceraten finden sich im *Middle eocene* allein fossil vertreten und verschwinden mit dem Schluss dieser Etage spurlos. Würde man also die Wurzel der europäischen Mastodonten in den älteren Dinoceraten von Nord-Amerika finden, so müsste uns eine Reihe von Mittelgliedern noch fehlen, die in Nord-Asien oder in der Nordpolarregion gelebt haben möchten. Aber das Alles ist noch nicht spruchreif und die Hypothese muss dem bis jetzt ermittelten Thatbestand noch weit vorauseilen.

Mit den Dinotherien und Mastodonten erscheinen in den Miocän-Ablagerungen von Europa auch die ersten Rhinoceroten in sowohl ungehörnten Formen *(Aceratherium)* als gehörnten *(Rhinoceros)*. Ferner die zu den Pferden hinleitenden Anchitherien, welche die älteren Paläotherien mit den jüngeren Hippotherien oder Hipparionen verknüpfen. Ferner zahlreiche Wiederkäuer *(Palaeomeryx, Dorcatherium* u. a.). Ferner zahlreiche Raubthiere, unter denen sich die Typen der Katzen und Hunde allmählich schärfer ausprägen. Vereinzelt, aber wohlbezeichnet erscheinen im Miocän auf europäischem Boden auch Affen-Arten, sowohl

geschwänzte (wie *Semnopithecus)* als auch schon ungeschwänzte Anthropoiden (wie *Dryopithecus)*. Nicht zu gedenken mannigfacher anderer kleinerer Säugethiere, wie der Insectivoren und Nager.

Wir gehen zur Landsäugethier-Fauna der Pliocän-Formation von Europa über. Wir nähern uns damit mehr und mehr dem Stande der Dinge, wie er sich hier und in den gemässigten, auch wohl den tropischen Zonen von Asien und Afrika dermalen darstellt. Aber die klimatische Abkühlung macht sich von da an von Stufe zu Stufe fühlbarer. Eine tropische Form nach der anderen verliert sich vom europäischen Boden und andere, die einem gemässigteren Klima entsprechen, rücken an ihre Stelle — muthmaasslich als Einwanderer aus kühlerem (arktischem) Gebiet. Endlich folgen die ersten Vorboten der Glacial-Epoche — der Eisdrift der Nordsee und der Vergletscherung der Hochgebirge — und da, wo sie zuerst erscheinen, trennen wir Tertiär-System und Quartär-System, zunächst für Europa, weiterhin für Nord-Amerika. Aber in die subtropischen und tropischen Regionen dürfen wir noch nicht wagen, diese Grenzlinie übertragen zu wollen, auch nicht auf die südliche Halbkugel.

Vom Beginn des Pliocän an beschäftigt uns das fortlaufende Erlöschen der Arten in Europa und das Eintreffen neuer Einwanderer. Im oberen Miocän (Schichten von Oeningen, Locle, Delsberg u. a. O.) sind noch *Dinotherium giganteum* und *Mastodon angustidens* vertreten. Letztere Art erlischt demnächst, während erstere noch ins untere Pliocän fortsetzt. Nach dem Schlusse des oberen Miocän — der durch eine beträchtliche Erhebung des Gebietes am nördlichen Fusse der Alpen bezeichnet ist — erscheinen als neue Einwanderer in Mittel-Europa namentlich *Mastodon longirostris* KAUP. — *Tapirus priscus* KAUP. — und *Rhinoceros Schleiermacheri* KAUP. Im oberen Miocän noch fehlend erscheinen sie in den Ablagerungen des unteren Pliocän (Schichten von Eppelsheim bei Worms, Belvedere und Inzersdorf bei Wien, Baltavar in Ungarn, Pikermi bei Athen u. a. O.). Mit ihnen lebt noch *Dinotherium giganteum*, welches auf europäischem Gebiet im mittleren und oberen Miocän und im unteren Pliocän erscheint und mit dem Schluss des letzteren, ohne Spuren zu hinterlassen ausstirbt.

Die wichtigsten Säugethierarten des unteren Pliocän von Europa überhaupt sind: 1. von unpaarzehigen Hufthieren *Tapirus priscus* KAUP. — *Hippotherium gracile* KAUP. — *Rhinoceros incisivus* CUV. — *Rhinoceros Schleiermacheri* KAUP. — 2. von paarzehigen Hufthieren mehrere Hirsch-Arten, Antilopen und Giraffen. 3. von Rüsselthieren *Dinotherium giganteum* KAUP. — *Mastodon longirostris* KAUP. 4. von Raubthieren *Machaerodus cultridens* CUV. — *Hyaena hipparionum* GERV. *(H. eximia* ROTH). —

In dieser Region fehlen in Europa immer noch die wahren Elephanten und das *Dinotherium* erlischt alsbald darnach für Europa, ohne mit Elephanten sich begegnet zu haben. Letztere scheinen damals ihren Heerd noch in Süd-Asien (Sivalik-Berge) gehabt zu haben.

Wir überspringen die Mittelregion des Pliocän, in der — ausser im Red Crag von England — auch noch keine Elephanten erscheinen.

Das obere Pliocän in Europa begreift die an Säugethier-Resten reichen Ablagerungen des oberen Arno-Thales in Toscana, die der Montagne de Perrier in der Auvergne, die von Issoire und den oberen Crag von England. Hier erscheint schon eine ganz andere Säugethier-Fauna als die des Horizonts von Eppelsheim und Pikermi. Sie enthält namentlich: 1. von unpaarzehigen Hufthieren *Tapirus*

arvernensis CROIZET — *Rhinoceros megarhinus* CHRISTOL — *Rhinoceros leptorhinus* CUV. — *Rhinoceros etruscus* — *Equus Stenonis* — 2. von paarzehigen Hufthieren *Hippopotamus major* CUV. — *Bos etruscus* — *Cervus dicranius* — *Cervus (Megaceros) hibernicus* OW. 3. von Rüsselthieren *Mastodon arvernensis* CROIZ. — *Elephas meridionalis* NESTI — *Elephas antiquus* FALC. — 4. von Raubthieren *Machaerodus cultridens* CUV. — *Machaerodus latidens*.

Mastodonten und Tapire sind in dieser oberpliocänen Fauna im Schwinden, die Elephanten rücken ihnen nach und nehmen ihre Stelle bald ein. Dann macht sich die polare Abkühlung in Mittel- und Süd-Europa noch um einen Grad fühlbarer. *Mastodon arvernensis* und *Tapirus arvernensis* erlöschen und mit ihnen die letzten Hippotherien. Darüber folgt die quartäre Schichtenfolge, zunächst das Forest-bed von England.

Noch verbleibt uns die Aufgabe, auf die Vorgänge in England im Verlaufe der pliocänen Epoche einen Blick zu werfen, da sie über klimatische Abkühlung, Erlöschen älterer, Eintreten neuer Säugethier-Arten reichlichere Auskunft ertheilen und die Parallele zu den bei den Meeres-Mollusken (vergl. pag. 360) schon erörterten Erscheinungen ergeben.

Der ältere Crag von England oder Coralline Crag führt schon *Mastodon arvernensis* und ist wahrscheinlich eine mittelpliocäne Ablagerung. Der mittlere Crag oder Red Crag ist auch eine mittelpliocäne Schicht und gehört, wie die Conchylien-Einschlüsse schon erweisen, einem merklich kühleren Klima an als das vorausgegangene Lager. Die Säugethier-Fauna des Red Crag begreift neben *Mastodon arvernensis* und *Rhinoceros megarhinus* drei Einwanderer, die hier neu eintreffen, vermuthlich einer Verschiebung der klimatischen Verhältnisse folgend: *Elephas meridionalis* NESTI — *Elephas antiquus* FALC. — und *Megaceros hibernicus* OW. — Sie kommen offenbar aus einem etwas kühleren Klima, aber glaciale Arktiker sind sie noch nicht. Sie reichen aus dem Pliocän bis ins untere Pleistocän und erlöschen bald darnach.

Auf den red crag folgt der obere Crag oder Norwich-Crag (Mammaliferous Crag). Er ist oberpliocän und gehört einer Zeit von wiederum kühlerem Klima an. Aber noch erscheint in seiner Säugethier-Fauna kein glacialer Arktiker. Sie enthält von wichtigeren Arten *Mastodon arvernensis* — *Elephas meridionalis* — *Equus plicidens* — *Hyaena antiqua* — einige Hirsche u. s. w.

Nach Ablagerung des Norwich-Crag erfolgt in England eine Aenderung der Dinge. Ein ausgedehntes Küstengebiet erscheint erhoben und wahrscheinlich war dieses Ereigniss auch über einen grossen Theil des britischen Meeres und der Nordsee ausgedehnt. Hier setzen wir die Grenze von Tertiär (Pliocän) und Quartär (Pleistocän). Es folgte darauf die Bildung des forest-bed oder der sogen. »untermeerischen Waldungen« an der Ost-Küste des südlichen Englands und der gegenüberliegenden Küste von Frankreich. Sie ist schon unteres Pleistocän. In ihr erscheint der erste glaciale Arktiker, der sibirische Mammuth, *Elephas primigenius* BLUM. Erloschen sind nun die letzten europäischen Mastodonten und Tapire, *Mastodon arvernensis* und *Tapirus arvernensis*. Eine neue Generation, unter ihr schon auffallend viele heute noch in Europa fortlebende Säugethier-Arten tritt an ihre Stelle. (Vergl. Quartär-System, Band III, pag. 102.)

So ändert im Verlaufe der tertiären Epochen, gleich der Landflora, auch die Landfauna in Europa von Stufe zu Stufe und namentlich ist dies für die Klasse der Säugethiere reichlich ausgesprochen.

Eine ganze Reihe von tertiären Säugethierfaunen folgt sich in den Ab-

lagerungen von Mittel- und Süd-Europa. Tropische Formen, wie sie heut mehr oder minder ausgesprochen in Süd-Asien, Mittel-Afrika und Brasilien fortleben, beginnen in älteren Tertiärschichten und verschwinden mit den jüngeren, bald durch Erlöschen bald näher dem Aequator zuwandernd.

Ein viel genanntes Beispiel ist der Tapir mit seinem auf Paläotherien und Lophiodonten zurückführenden Stamm. Im unteren Pliocän durch *Tapirus priscus* (Eppelsheim), im oberen Pliocän durch *T. arvernensis* (Auvergne, England) vertreten erlöscht die Gattung für das ganze europäische Gebiet mit dem Herannahen merklicher polarer Abkühlung, genau vor dem Eintreffen des ersten glacialen Arktikers, des sibirischen Mammuths. Heute lebt der Tapir nur noch in zwei Arten, einer in Süd-Asien, einer zweiten (und vielleicht einer dritten) im heissen Brasilien und Guyana. Diese Nachkommenschaft sagt uns, dass in einer oder der anderen tertiären Epoche die alte und die neue Welt in der nördlichen Halbkugel — irgendwo, wenn auch nur an der Stelle der heutigen Beringsstrasse — zusammenhingen und schliesslich die klimatische Abkühlung von den letzten Tapiren, den einen in der alten, den anderen in der neuen Welt dem Aequator zuschob, wo sie noch die ihnen geeigneten Lebensbedingungen vorfanden.

Wir sehen ferner wie Säugethier-Arten vom Gepräge eines kühleren Klima in Europa mit dem Verschwinden der tropischen Formen nachfolgen. Die erste Einwanderung aus einem merklich kühleren Klima erkannten wir im Red crag — dem mittleren Pliocän — von England, wo die zwei ersten Elephanten-Arten und mit ihnen *Cervus (Megaceros) hibernicus*, der irische Riesenhirsch oder das Riesenelenn zuerst hervortauchen.

Der erste glaciale Arktiker, *Elephas primigenius*, der sibirische Mammuth, folgt erst später — unmittelbar nach dem Erlöschen der letzten europäischen Tapire und Mastodonten. Sein erstes Auftreten bezeichnet den Beginn des quartären Zeitalters für Mittel-Europa.

Aehnlich äussern sich die Vorgänge in Nord-Amerika. Aber damit sind wir auch bereits an der Grenze unserer Kenntnisse. Schon für Nord-Europa macht sich eine schmerzliche Lücke im Archiv der Tertiärepoche fühlbar und auch über Nord-Asien wissen wir nichts Näheres. Ebenso bleiben die gleichzeitigen Vorgänge auf der antarktischen Halbkugel uns noch so gut wie ganz verborgen.

Tiefseebildung

von

Dr. Friedr. Rolle.

Der vorzüglich aus Sedimenten organischer Abkunft hervorgehende Tiefseeschlamm, der sich auf dem Boden der offenen See und namentlich in Tiefen von 6000 bis 10000 Fuss, 1800—3000 Meter absetzt, unter anderem das seit den ersten Kabellegungen oft genannte atlantische Telegraphen-Plateau überzieht, ist zwar hier schon verschiedene Male berührt worden, das Verständniss seiner Bildungsweise aber bildet den Ausgangspunkt für die Erklärung so weit zurückreichender Vorgänge im Meere und in der Meeresfauna früherer geologischer Epochen, dass es gerechtfertigt erscheint, wenn ich dieses Capitel, so weit es mir aus der neueren Literatur derselben zu übersehen möglich wird, hier noch eigens zusammenfasse und nach seinen besonderen Elementen abzugliedern versuche.

Der Tiefseeschlamm lagert sich in ruhigen Meerestiefen — unterhalb der litoralen Algenzonen, schliesslich der Nulliporenzone — als sehr feiner vorherrschend kalkiger, theils grauer, theils weisser Schlamm ab. Er verdankt seine Entstehung theils dem Niedersinken von festen Theilen schwimmender, theils den Ueberresten von selbst auf dem tiefen Meeresgrunde lebenden Organismen.

Dieser Tiefseeschlamm besteht, abgesehen von zufällig z. B. durch vulkanische Ausbrüche hereingelangten mineralischen Substanzen, wesentlich 1. aus kalkigen Bestandtheilen a) Foraminiferen, besonders *Globigerina* (Vergl. Bd. III, pag. 170), b) Kokkolithen (Vergl. Bd II, pag. 198, 199), c) zufällig abgesunkenen Kalkschalen schwimmender Mollusken, sowie d) Kalkpanzern kriechender Echinodermen u. dergl., 2. aus kieseligen Bestandtheilen, a) Diatomeen-Panzern, besonders *Coscinodiscus* (Vergl. Bd. III, pag. 224), b) Radiolarien-Skeletten, besonders *Haliomma* (Vergl. Bd. III, pag. 136), c) Nadeln oder Spiculae von Spongien, 3) aus organischem Schlamm oder zu Boden gesunkener schleimiger Sarcode und anderen organischen Stoffen verschiedener Abkunft, die zusammen den Anlass zur Annahme eines den Meeresgrund als ausgedehntes Gewebe überziehenden Lebewesens *(Bathybius)* gegeben hatten. (Vergl. Bd. II, pag. 200.)

Der Tiefseeschlamm von dieser Zusammensetzung und je nach den Veränderungen, die er durch chemische Einwirkungen entweder alsbald oder nachträglich erleidet, ergiebt den Ausgangspunkt für die Bildung von verhältnissmässig noch sehr weit auseinander gehenden Bodenschichten und diese gestalten sich besonders abweichend, wenn einerseits die wirkenden Agentien sauer, andrerseits basisch sind.

1. Der Einfluss saurer Reaktion ist auf Kohlensäure-Ansammlung in gewissen Meeresregionen zu setzen. In Abgründen des Oceans unterhalb von 10000 Fuss, 3000 Meter Tiefe findet man einen gefärbten ocherigen Tiefseeschlamm, in welchem die kalkigen Bestandtheile — namentlich die Kokkolithen und Foraminiferen — fehlen. Dieser enthält dafür noch reichliche Mengen kieseliger Bestandtheile, namentlich Schalen von Diatomeen, Skelette von Radiolarien, Spikeln von Spongien und ocherigthonigen Schlamm. Wahrscheinlich werden die zu dieser Region absinkenden kalkigen Stoffe — Kokkolithen und Foraminiferengehäuse — von kohlensäurehaltigem Wasser alsbald schon aufgelöst. Ein solcher Kieselorganismenschlamm muss in ähnlicher Weise auch in älteren geologischen Epochen an Stellen der Meerestiefe, wo saure Reaktion schon während des Absatzes der Tiefseegebilde herrschte, entstanden sein, kann auch nachträglich, wo saure Reaktion später eintrat, in besonderen Ablagerungen sich ausgebildet haben. Die marinen Tripel von Caltanisetta, Oran, Barbados u. a. O. bieten dafür Vergleichungspunkte.

2. Der Einfluss basischer Reagentien machte sich in anderen Tiefseeabsätzen im Verlaufe längerer geologischer Zeiträume geltend.

Die weisse Kreide ist ein Tiefseeschlamm, der nur kalkige Bestandtheile, namentlich Kokkolithen und Foraminiferenschalen führt, gelegentlich auch Conchylien, Echinodermen u. s. w. eingestreut enthält. Es fehlen hier die kieseligen Bestandtheile des heutigen Tiefseeschlammes — Diatomeen, Radiolarien, Spongiennadeln. Sie sind durch nachträgliche Einwirkung alkalischer Reaktion ausgelaugt worden. Auf ihre Rechnung ist die nachträgliche Bildung der Feuersteinknollen in der weissen Kreide zu setzen. Die mergelige Kreide kommt dem heutigen Tiefseeschlamm in einiger Hinsicht noch näher, sie enthält noch einige

kieselige Einschlüsse, namentlich Spongiennadeln und Diatomenschalen. (Vergl. Bd. II, pag. 198—200.)

Noch mehrere Kalklager älterer Formationen mögen erhärteter und mehr oder weniger umgewandelter Tiefseeschlamm sein, namentlich die mächtigen Kalkabsätze der heutigen Alpengegenden. So der Dachstein-Kalk der österreichischen Alpen (Rhätische Stufe der Trias), in dem zahlreiche Rhizopodenreste sich nachweisen lassen.

Die Grenze der Tiefsee gegen die darüber folgenden und verhältnissmässig sehr geringmächtigen Zonen der Meeresküsten und Untiefen ist nicht allgemein giltig festzusetzen.

Nach E. FORBES gehen im östlichen Mittelmeer die weichlaubigen Florideen gewöhnlich nur bis zu Tiefen von 50 Faden (300 engl. Fuss oder 91 Meter). Die verkalkenden Nulliporen aber herrschen hier auf dem Meeresgrund von 50 bis 80 Faden Tiefe (300 bis 480 engl. Fuss oder 91 bis 146 Meter). Sie gehen auch noch bis zu 105 Faden (630 engl. Fuss oder 192 Meter) Tiefe hinab. Darunter liegt im Aegaeischen Meer der Tiefseegrund, hier ein feiner gelber Schlammabsatz voll Reste von Pteropoden und Foraminiferen.

An Norwegen beginnt nach M. SARS die eigentliche Tiefseefauna spärlich in 100 Faden (600 engl. Fuss, 183 Meter) mit anfangs wenigen, dann mit wachsender Tiefe zahlreicheren Individuen. Vergl. auch den Artikel »Das Meer« II, pag. 415.

Trias-System

von

Dr. Friedr. Rolle.

Die Schichtenfolge oberhalb vom permischen System (Rothliegendes, Kupferschiefer und Zechstein) begreift die Trias mit dem Buntsandstein, dem Muschelkalk und Keuper, ferner das Jura-System und das Kreide-System. Diese Schichtenfolge heisst die mesozoische oder secundäre, im Gegensatz zu der ihr vorausgegangenen paläozoischen und zu der über ihr abgelagerten neozoischen oder tertiären.

Das mesozoische Zeitalter hat ungeachtet eines steten Wechsels in der Pflanzen- und Thierwelt während der Trias-, Jura- und Kreide-Epoche immer noch gewisse allgemeiner hervortretende Charakterzüge, welche seine Zusammenfassung rechtfertigen. Grosse, nach ihrer besonderen Art noch sehr räthselhafte Umgestaltungen fallen in die Grenze zwischen Zechstein und Buntsandstein einerseits, Kreide- und älteste Tertiärschichten andererseits, Veränderungen in der Gestaltung von Festland und Meer, welche einerseits mächtig in die Lebensbedingungen der Flora und Fauna eingreifen und andererseits auch oft die Abtragung der zunächst vorher abgelagerten Schichten bewirkt haben mögen.

Mit Recht heisst die mesozoische Periode auch das Mittelalter der geologischen Geschichte, indem zu keiner anderen Zeit das riesenhafte, ungeschlachte und abenteuerliche Element in der Lebewelt so stark in den Vordergrund getreten erscheint. Dieser Charakter zeigt sich vor Allem in der Reptilien-Fauna der mesozoischen Periode und äussert sich mit dem mächtigen Hervortreten der Reptilienklasse, sowohl nach der Zahl und Mannigfaltigkeit der Ordnungen, als der Zahl und dem oft riesigen Wuchs der Arten, die bald im Meer bald auf dem

Festland in ungeschlachten Giganten-Gestalten auftauchen, um bald darauf wieder vom Schauplatz des Lebens zu verschwinden. Man nennt daher die mesozoische oder secundäre Periode mit Recht auch das Zeitalter der Reptilien.

Im Meere hausten zahlreiche schwimmende Reptilien, zum Theil mit ruderförmigen Flossenfüssen ausgestattet, wie die Ichthyosauren und Plesiosauren. Mächtige Reptilien-Formen beherrschten das Festland, wie namentlich die an Gestalt und wuchtigem Körperbau den Hippopotamen und Rhinoceroten der späteren Epoche ähnlichen Dinosaurier, die sowohl durch Fleischfresser als durch Pflanzenfresser vertreten erscheinen und zum Theil aufrecht auf den Hinterfüssen einherschritten. Von diesen wird *Atlantosaurus immanis* (aus dem oberen Jura der Rocky mountains) anf mehr als 26 Meter (80 Fuss) Länge geschätzt — und es scheint, dass auch in der Trias-Epoche schon sehr grosse Arten dieser Ordnung das Festland besiedelten. Dazu bevölkerten den Luftkreis die abenteuerlich gebauten Flugeidechsen oder Pterodactylen (Pterosaurier). Der grössten Art *Pteranodon* (aus der Kreide von Kansas) wird eine Flügelspannweite von 8 Meter (25 Fuss) zugeschrieben.

Um diese Zeit der grössten Herrschaft der Reptilien tauchten auch die Säugethiere auf, aber erst in Gestalt von kleinen Thieren, die man auf Marsupialien oder Beutelthiere bezieht. Ebenso war die Klasse der Vögel noch in erster Entwickelung begriffen und bietet zum Theil noch Formen mit bezahntem Kiefer — langem Eidechsenschwanz — ja sogar noch mit Fischwirbeln, wie *Archaeopteryx* und *Ichthyornis*.

Nach dieser allgemeinen Betrachtung der mesozoischen Lebewelt gehen wir auf die Festlandflora im Verlaufe von Trias, Jura und Kreide näher ein. Sie erleidet nach Ablagerung des Rothliegenden, des Kupferschiefers und Zechsteins eine bedeutende Umgestaltung. Welche Ursachen hier in letzter Linie thätig waren, ist zur Zeit nicht mehr sicher zu ergründen, aber offenbar ist es, dass die Herrschaft der Sumpf- und Morast-Vegetation, welche das Festland der Steinkohlenepoche zum grossen Theile überzog, mit dem Rothliegenden schon merklich abnahm. In der darauf folgenden meerischen Ablagerung von Kupferschiefer und Zechstein fehlen schon ihre Spuren und mit der Trias vom Buntsandstein an kehren sie in gleichem Charakter auch nicht wieder. Hier liegt offenbar ein bedeutsamer Wendepunkt.

Von den ersten Absätzen des Buntsandsteins an sind Sigillarien, Lepidodendren und Calamiten erloschen, mit ihnen fehlen die Asterophylliten, Annularien, Sphenophyllen u. s. w.

Farnen in Baumgestalt sind zwar noch häufig, aber die Hegemonie der Gefässkryptogamen überhaupt ist gebrochen, vermuthlich in Folge von Aenderungen in der Gestaltung der Continente, die von einem Zurücktreten der Morast-Vegetation begleitet waren. Näher vermögen wir den grossen Wendepunkt zur Zeit noch nicht zu bezeichnen, der die mesozoische von der paläozoischen Flora scheidet. Aber sicher ist es, dass vom Buntsandstein an auf dem Festland nun Nadelholzwälder herrschen. Mit den Nadelhölzern sind die Cycadeen im Zunehmen. Je nach den besonderen Ablagerungsbedingungen einer Schichtenfolge erscheinen bald die einen, bald die anderen, bald wieder die Baumfarnen vorwaltend. Morastbildungen fehlen auch im mesozoischen Zeitalter nicht, aber die von ihnen hervorgebrachten Kohlen-Flötze erscheinen im Ganzen nur spärlich und erreichen nur selten bauwürdige Mächtigkeit. Die Coniferen walten im Buntsandstein vor und halten auch in den nachfolgenden Formationen unter reicherer Entfaltung

an. Mit ihnen nehmen die Cycadeen zu und erscheinen namentlich im Jura als ein Hauptbestandtheil der Waldungen des Festlandes.

Die Gefässkryptogamen treten im Allgemeinen mehr als in den älteren Formationen zurück. Von ihnen halten nur die Baumfarnen reichlich an und treten gelegentlich auch wieder in den Vordergrund. Farnen waren während dieser ganzen Zeit noch in vielen Arten vertreten und scheinen besonders der Morastflora angehört zu haben, aber sie erreichen an Ueppigkeit der Vegetation und Masse der Holzproduktion nicht mehr die Rolle, welche die Gefässkryptogamen in den Waldungen der Steinkohlen-Epoche und des Rothliegenden spielten.

Dazu kommt nun noch in der mesozoischen Periode der Anfang der Dicotyledonen. Ihr erster und ursprünglicher Beginn liegt im Dunklen, ihr erstes sicheres und bereits reichliches Auftreten fällt in die Mittelregion der Kreideformation von Grönland, Nord-Amerika und Mittel-Europa.

So zeigt die mesozoische Flora eine successive Stufenfolge der Fortbildung, die bereits vor Schluss des mesozoischen Zeitalters die höchst stehende Klasse des Pflanzenreichs, die Dicotyledonen, auf den Schauplatz führt. Aber die Hauptwendepunkte fallen nicht genau mit den Hauptformationsgrenzen, wie wir sie nach unserer positiven Kennntiss der Hauptcharaktere von Ablagerungen und Fossileinschlüssen zu ziehen veranlasst sind, zusammen. Wie schon in der Oberregion des permischen Systems, im Kupferschiefer und Zechstein die Hauptvertreter der paläozoischen Morastflora im geologischen Archiv fehlen, so erscheinen auch die Dicotyledonen mit einer verhältnissmässig reichlichen Anzahl von Laubholzbäumen bereits vor Schluss der mesozoischen Periode und treten nach diesem in der bezeichnenden Hegemonie auf, die sie noch heutigen Tages behaupten. Ihre erste Ausbildung muss schon in eine viel frühere Zeit fallen, als ihr erstes reichliches Erscheinen in den Ablagerungen der mittleren Kreide-Formation, wo sie alsbald an verschiedenen Stellen — namentlich in Grönland, in Nord-Amerika und Deutschland — und sogleich mit verhältnissmässig grosser Anzahl von Arten, Gattungen und Familien hervortauchen. Aber wir kennen in einigermaassen vollständiger Weise die Formationen und Fossileinschlüsse erst für Europa und Nord-Amerika und auch hier von den vielgestaltigen Ablagerungsformen der einzelnen Formationen oft erst eine einzige und müssen die übrigen einstweilen noch hypothetisch ergänzen.

Wir gehen zur mesozoischen Festland-Fauna über. Auch in der thierischen Bevölkerung des Festlandes gehen um die Zeit des grossen Wendepunktes, der zwischen Zechstein und Buntsandstein fällt, grosse Veränderungen vor, die allerdings nicht haarscharf auf dieselbe Grenze fallen, sondern erst mit besonderen Ablagerungsformen — mit einer bestimmten Facies der Formationen — für unsere Nachweisung ans Licht treten.

Die Süsswasserbewohner sind für die meisten Formationsglieder nur wenig, für andere noch gar nicht bekannt, am reichlichsten für die an die Grenze des oberen Jura und in die untere Region der Kreideformation von Nord-Deutschland und England fallende Wealden-Ablagerung, wo zahlreiche Süsswasser-Muscheln und Schnecken, *Unio, Cyrena, Paludina, Melania* u. s. w. erscheinen. Die Süsswasserfische waren noch eckschuppige Ganoiden, wenig verschieden von denen des Meeres der gleichen Zeit.

Auffallend reichlich ist in der Trias, schon im Buntsandstein, noch mehr in der Lettenkohle und im Keuper das Auftreten grosser land- und sumpfbewohnender Labyrinthodonten, deren spärlichere Vorläufer schon in der carbonischen und

der permischen Epoche hervortauchten. Zahlreich liegen ihre Gebeine nament lich in den Sumpfablagerungen der Lettenkohle und in den litoralen Sandsteinen des Keupers. Mit Beginn des darauf folgenden Lias sind sie — auf Nimmerwiederkehr — verschwunden.

Wie die Labyrinthodonten um diese Zeit mit dem Auftauchen der Sumpf-Facies kommen und gehen, so scheinen sich ächte Reptilien mehr an trockenes Festlandklima, heissen Sand und sonnenbestrahlte Seestrandfelsen gebunden zu haben. Aechte Reptilien kennen wir im paläozoischen System — abgesehen von den in der Steinkohlenformation von Neu-Schottland gefundenen *Eosaurus*-Wirbeln — noch nicht eher, als bis wir die obere Grenze der für dieses charakteristischen Morastflora des Rothliegenden überschritten haben. Sie mögen im trockenen Binnenlande gelebt haben. *Protorosaurus* taucht alsbald mit dem Kupferschiefer auf und es folgen dann mit der Trias reichlichere Formen der Landreptilien.

Eine reiche Reptilienfauna verkündet sich in den mannigfachen Fussfährten des rothen Sandsteins (Keuper) von Connecticut, die drei- und vierzehige Landthiere andeuten. Man bezog sie anfänglich auf Vögel, jetzt nach besserer Kenntniss auf die aufrecht gehenden Dinosaurier, von denen man jetzt aus dem oberen Jura der Rocky mountains auch dreizehige Formen kennt. Mannigfaltig gestaltet tauchen sie im oberen Jura und im Wealden hervor, unter ihnen der kleine, der Gestalt der heutigen Känguru's präludirende aufrecht gehende und hüpfende *Compsognathus* aus dem oberen Jura von Solenhofen und der 80 Fuss Länge erreichende *Atlantosaurus immanis* der Rocky mountains.

Viele Landeidechsen kennt man aus Jura und Kreide, mit ihnen, zuerst im Lias fossil gefunden, die seltsamen Flugsaurier oder Pterosaurier, die mit bezahnten Formen beginnen, mit zahnlosen in der oberen Kreide erlöschen.

Der mesozoischen Periode gehört auch die Ausbildung der ersten Vögel an, die sich sicherlich von Reptilien, vielleicht mit den Dinosauriern aus gemeinsamer Wurzelform abzweigten. Aus der Trias hat man noch keine sichere Kunde vom Dasein der Vögel, wenn auch drei- und vierzehige Fussspuren vorliegen, die überraschende Aehnlichkeit mit denen mancher Vögel zeigen. Sicher tauchen sie im oberen Jura von Solenhofen auf. Der vielgenannte und nach fast vollständigen Skeletten bekannte Solenhofener *Archaeopteryx* hat noch bezahnte Kiefern und langgestreckten Eidechsenschwanz, das sichere Merkzeichen seiner Abkunft aus der älteren Reptilienwelt. Aechte Vögel, wohlcharakterisirte Verwandte der heute lebenden, liefert die obere Kreide. Aber unter ihnen ist aus der Kreide von Kansas auch noch ein Vogel mit Fischwirbeln, *Ichthyornis*, der noch das Merkmal einer weit älteren Ahnenreihe — Fische und Tritonen — mit sich führt.

Im Zeitalter der Reptilien-Herrschaft entstanden nebst anderen auch schon die Säugethiere. Aber sie fristeten lange ihr Dasein nur in Gestalt kleiner insectenfressender Formen, von denen man auch nur Unterkiefer und Zähne kennt. Die ältesten bis jetzt fossil gefundenen Vertreter sind *Dromatherium* aus dem *new red sandstone* (Keuper) von Nord-Carolina und Microlestes aus dem Fisch-Bonebed an der Grenze von Keuper und Lias in Württemberg. Was man von ihnen weiss, stimmt am besten zu gewissen Beutelthieren Australiens *(Marsupialia insectivora)*. Aehnlich bleibt die Vertretung der Säugethierklasse bis in den oberen Jura. Auf den Festlandgebieten der Kreideepoche dürfte die reichlichere Entwicklung derselben stattgefunden haben, aber es fehlen in den uns bekannten Ablagerungen aus dieser Epoche alle und jede Säugethierreste. Um so überraschender folgt

nachmals dann mit den älteren Tertiärablagerungen ihr reichliches und vielgestaltiges Hervortauchen in Europa und Nord-Amerika.

Wir können nun zur Meeresfauna der mesozoischen Periode übergehen. Schon während des Verlaufes der Meeresabsätze der Steinkohlenformation (Kohlenkalk) und der permischen Formation (Zechstein) verkündigt sich in den fossil erhaltenen Resten eine von Stufe zu Stufe vorrückende grossartige Umgestaltung der Thierbevölkerung des Meeres, die mit dem Erscheinen der ersten Meeresablagerungen der Trias noch auffallender hervortritt — umsomehr, als wir von der Meeresfauna zur Zeit der Ablagerung des Buntsandsteins nur sehr wenig und nur aus den Vorgängen am Meeresufer etwas wissen und die gleichzeitige Hochsee uns noch ganz unbekannt ist.

Unter den Anthozoen sind im Zechstein noch Tetracorallien und Tabulaten, aber bald darnach verlieren sich diese paläozoischen Typen und in den Korallenriffen des Jura herrschen statt ihrer die Hexacorallien mit sechszähligem Septal-Apparat.

Cystideen, Agelacrinen, Blastoideen und getäfelte Crinoideen *(Crinoidea tesselata)* fehlen in der mesozoischen Meeresfauna. Dafür erscheinen die im palaeozoischen System nur spärlich angemeldeten gegliederten Crinoideen *(Crinoidea articulata)* in reichlicher Fülle, mit ihnen vom Jura an auch die frei umherkriechenden Comatulinen und beide Abtheilungen reichen von da durch die jüngeren Formationen bis in die heutigen Meere.

Eine ebenso auffallende Umgestaltung scheidet palaeozoische und mesozoische Echiniden. Im permischen System erscheinen noch die letzten Palechiniden mit mehr als fünf mal zwei Interambulacral-Plattenreihen. Mit der Trias beginnen dafür die ersten ächten Seeigel oder Autechiniden und reichen durch die jüngeren Formationen bis in die heutige Meeresfauna.

Eine Anzahl von Brachiopoden-Gattungen überschreiten das palaeozoische System nicht, neue Gattungen folgen mit der mesozoischen Fauna. Auch die Hochseefauna mit den Cephalopoden ändert sich vom Kohlenkalk zur alpinen Trias, aber wir kennen die dazwischen liegende Gestaltung derselben — da Cephalopoden im permischen System und im Buntsandstein nur äusserst spärlich vertreten sind — so gut wie gar nicht. Im Jura hat man nur noch wenige Nautileen, aber dafür eine fast unabsehbare Fülle von Ammoniten und Belemniten, auch Dibranchiaten mit breiter Rückenschulpe, Tintenbeutel und krallenbewaffneten Armen.

Erloschen sind mit Schluss des Kohlenkalkes die im palaeozoischen Zeitalter so reichlich vertretenen Trilobiten. Dafür nehmen im Meere der mesozoischen Periode die höheren Krebse reichlich zu. Stattliche langschwänzige Krebse *(Decapoda macroura)*, erscheinen schon im Muschelkalk, *(Pemphix)* kurzschwänzige folgen im oberen Jura und der Kreide-Formation.

In der Fischfauna des Meeres herrschen im Beginn der mesozoischen Epoche noch beschuppte Ganoiden, namentlich Rhombiferen in mehreren Familien, im Allgemeinen von palaeozoischem Gepräge, aber mit zunehmender Verknöcherung der Wirbelsäule. Es traten auch die ersten Formen mit symmetrischer Schwanzbildung auf. In der Trias erscheinen vermittelnde Formen, bei denen das Hinterende der Wirbelsäule sich nur noch wenig in die obere Schwanzflosse verlängert und die Ungleichlappigkeit der Schwanzflossen nur schwach ausgeprägt ist. Cyclifere Ganoiden fehlen in der mesozoischen Meeresfauna nicht, treten aber wenig hervor. Gepanzerte Ganoiden vom palaeozoischen Typus fehlen und

ihre Stelle vertreten Störe, deren Reste aber eine grosse Seltenheit sind. Dafür tritt im Jura die höchst stehende Ordnung der Fische, die der ächten Knochenfische, *Teleostei*, auf den Schauplatz. Ihre ältesten Vertreter, *Leptolepis, Thrissops* u. s. w. deuten die Abkunft von den rundschuppigen Ganoiden *(Ganoides cycliferi)* an. Unter den Knorpelfischen halten die Haie mit Hybodonten, Squaliden, Cestracionten und Chimäroiden an. Dazu kommen Rochen in stattlicher Erhaltung vom Lias und Jura an.

Grossartiger ist die Gestaltung der Reptilienfauna des Meeres der mesozoischen Epoche. Mächtige Meeresreptilien mit platten durch die Vielzahl der Zehenglieder ausgezeichneten Ruderfüssen, die Ichthyosauren und Plesiosauren, treten gebietend in den Vordergrund, beginnen im Muschelkalk und erlöschen mit der Kreideformation. Mit ihnen beherrschen vom Lias an die Meeresgewässer die mit Knochenplatten bepanzerten Krokodilier, deren heutige Nachkommen Flussbewohner sind und nur spärlich das Meer noch betreten. Eine eigene Erscheinung im Zeitalter der Hegemonie der Reptilien ist auch das Auftreten grosser Meereseidechsen mit Flossenfüssen, es sind die Mosasauren der oberen Kreideformation. Keine andere Epoche hat etwas Aehnliches aufzuweisen. Schildkröten beginnen mit ausgebildetem Gepräge ihrer Ordnung im Jura, ihre älteren Vorfahren liegen im Dunkel. Vielleicht knüpfen sie an die Anomodonten an.

Nach dieser allgemeinen Erörterung der Lebewelt des mesozoischen Zeitalters wenden wir uns zum ältesten der drei hier auftretenden Schichtensysteme, der Trias.

Die Trias d. h. Dreiheit, hat ihren Namen von ihrer Dreitheilung in Deutschland, wo sie durch drei Glieder von sehr verschiedener Facies und mannigfach abweichender Fossilführung — Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper — vertreten erscheint.

Aber schon in England fehlt der Muschelkalk und an seiner Stelle findet ein unmerklicher, einer besonderen Fossilführung ermangelnder Uebergang des tieferen in das höhere Glied statt. Wieder ganz anders sind Gesteine und Fossilien der Trias in den Alpen, wo sie z. Th. oceanische Ablagerungen verkünden. Ueberhaupt tritt in der Trias der Gegensatz der Facies — nach Gesteinen und organischen Einschlüssen — stärker in den Vordergrund als in allen älteren Formationen. Damit wird die Ermittelung der in verschiedenen Gebieten der Erdoberfläche gleichzeitig zur Ablagerung gelangten Gesteine und organischen Einschlüsse weit mehr erschwert. Die allgemeine Uebersicht erfordert ein vorheriges Eingehen auf die verschiedenen örtlich begrenzten Ablagerungen und die Darstellung muss daher einen etwas anderen Gang einhalten, als dies bei den älteren Formationen der Fall ist.

Im Allgemeinen ergiebt die Trias in Deutschland — nebst Lothringen und der Gegend von Basel — eine vom grossen Ocean mehr oder minder abgeschiedene Strand- und Buchtenbildung mit vorwaltenden Meeressandablagerungen, die auf ausgedehnte Dünenbildung schliessen lassen. Dazu kommen kalkige Ablagerungen aus breitem' verhältnissmässig seichtem Meer mit vorherrschender Acephalen-Facies, mancherlei fossilarme und muthmaasslich brackische Bildungen, endlich Festland- und Sumpfbildungen aus einem in geringen Maassen um den Meeresspiegel oscillirenden Festlandgebiete. Dabei zeigt sich überhaupt in den meisten Gegenden ein mehrmaliger Wechsel von Dünenbildung mit Absätzen aus seichter Meeresdecke und Absätzen auf niederem morastigem Festlande. Das in Mittel-Europa während der Triasepoche also charakterisirte Gebiet dehnte sich

in ähnlicher Weise im Westen aus, wir finden es in England und Nord-Amerika wieder. Vielleicht setzte es ununterbrochen über einen Theil des atlantischen Meeres fort, dessen Boden wir allerdings nicht näher kennen. Gründe dafür lassen sich aufführen. Wenigstens besteht die Trias in England ebenfalls noch aus thonig sandigen Absätzen, die auf seichtes litorales Meeresgebiet deuten und auch das Aequivalent des deutschen Muschelkalkes in sich begreifen. Aehnliche sandige Litoralgebilde wiederholen sich in Nord-Amerika vom atlantischen Meere an bis zu den Rocky mountains, begreifen hier aber — wie die Fossileinschlüsse andeuten, wohl nur das Aequivalent des Keupers von Deutschland und England.

Wir können darnach annehmen, dass während der Triasepoche über das heutige Gebiet von Deutschland, England und das östliche Nord-Amerika, wahrscheinlich auch über einen Theil des heutigen atlantischen Meeres Festland an seichtes Meeresgebiet angrenzte, aus letzterem Absätze unter seichter Wasserdecke statthatten, ausgedehnte Dünenbildungen den Saum von Meer und Festland überdeckten, stellenweise auch auf niederem Landgebiet — unter Oscillationen um den Meeresspiegel — Sumpfabsätze gebildet und nachmals wieder von Dünensand oder meerischen Ablagerungen überdeckt wurden.

Aber wahrscheinlich nahm auch in der Triasepoche, wie noch heutigen Tages der tiefe Ocean beiläufig drei Viertel der Oberfläche unseres Planeten ein und aus ihm erfolgten ganz anders geartete Bodenabsätze mit Einschlüssen von anderen Pflanzen- und Thierformen. Dies zeigt zunächst die Trias der Ostalpen. Das Aequivalent des Buntsandsteins ist auch hier noch litoraler Art. Aber allmählich folgte in diesem Gebiet eine wachsende Bodensenkung. Der Ocean drang herein. Oceanische Ablagerungen erscheinen, ganz abweichend von den gleichzeitigen Gebilden in Deutschland, England und dem östlichen Nord-Amerika. Die mittlere und obere Trias der Alpen — namentlich aber in ihrem oberen Glied, dem Keuper-Aequivalent — ist eine Ablagerung aus dem eigentlich oceanischen Meeresgebiet — mit wechselnder Tiefe — und wechselnder Meeresfacies. Hier erscheinen Ablagerungen mit der Gasteropoden- und der Acephalen-Facies, auch Schichten mit Riffkorallen, endlich Tiefseeabsätze mit zahlreichen schlammbildenden Foraminiferen und Schichten voll von Gehäusen pelagischer Cephalopoden. So zeigt uns die Trias der Ostalpen oceanische Ablagerungen, wie sie damals aller Wahrscheinlichkeit nach über den grössten Theil der Erdoberfläche sich bildeten. Dafür spricht namentlich auch der Nachweis ähnlicher triasischer Meeresschichten mit oceanischen Fossilien im Himalaya, im arktischen Gebiet, auf Neuseeland und in Californien.

Wir beginnen mit dem untersten Glied der Trias, dem Buntsandstein *(grès bigarré)*.

Der Buntsandstein ist in Deutschland und Lothringen eine mächtige Ablagerung von Sandstein und untergeordneten Schichten von Schieferthon, Mergel und Kalk, also ein Sand- und Schlammabsatz, vorwiegend eine Strandbildung des Meeres am Saum eines von Sanddünen bedeckten Festlandes. Diese Ablagerung ist gewöhnlich sehr arm an organischen Einschlüssen, die Unterregion soll sogar ganz ohne Fossilreste auftreten.

In der Mittelregion finden sich Estherien, Schädelreste von Labyrinthodonten *(Trematosaurus Brauni)* und Fussfährten eines fünfzehigen Vierfüssers, vermuthlich auch eines Labyrinthodonten *(Chirotherium)*.

In der Oberregion nehmen die Anzeichen der Senkung zu, Meeresconchylien, namentlich Acephalen, die meist mit denen des darauf folgenden Muschelkalkes

übereinkommen, erscheinen und damit geht der Buntsandstein ohne auffallende Grenze in den Muschelkalk über.

In dieser Region des Uebergangs erscheint auch eine wohl bezeichnete Landflora von Equiseten *(Equisetites)*, Farnen *(Anomopteris)* und Coniferen, unter denen besonders die schönen ungleichförmig beblätterten Zweige von *Voltzia heterophylla* BROGN. (Sulzbad im Elsass) hervortreten. Diese Flora der Oberregion des Buntsandsteins, wenn sie auch nur allein die Partialflora eines sandigen Meeresstrandes andeutet, weicht doch schon weit von der des Rothliegenden und des Kupferschiefers ab und lässt ahnen, dass mannigfache Veränderungen in der Festlandbevölkerung zwischen inne fallen, über deren Art und Verlauf uns keine Documente vorliegen. Ebenso liegt zwischen der Meeresfauna des Zechsteins und der des oberen Buntsandsteins oder, wenn man will, des unteren Muschelkalkes, eine weite Lücke.

Das Aequivalent des deutschen Buntsandsteins in den östlichen Alpen, der Werfener Sandstein und Schiefer, weicht zwar etwas ab, giebt aber für die Lösung der grossen Frage »Was ging auf Erden zwischen Zechstein und Trias vor?« auch nur wenig Auskunft. Es sind gleichfalls litorale Gebilde, Conglomerate, Sandsteine, Schieferthone, meist ohne organische Reste. Das Alpengebiet war also damals ebenfalls Festland in beginnender Senkung. Die untere Region hat gleichwie die des deutschen Buntsandsteins noch keine organischen Reste geliefert. In der oberen Region — Schiefer und Kalkstein (Guttensteiner Kalk) — erscheint eine Meeresfauna und eine spärliche Landflora. Das Gebiet war im Sinken, die Meeresgewässer traten ein und brachten aus einem entfernteren, uns ganz unbekannten Ocean Meeresmollusken mit sich, darunter Acephalen (wie namentlich *Posidonomya Clarae* EM.), Gasteropoden *(Naticella costata* MÜNST.) und Cephalopoden (wie namentlich *Ceratites Cassianus* QUENST.). Dazu kommen in der Oberregion des Werfener Schiefers zerstreute Funde einer gleichzeitigen Landflora, die im Allgemeinen den Charakter von jener des oberen Buntsandsteins (Sulzbad) trägt. Namentlich ist auch *Voltzia heterophylla* in den oberen Werfener Schiefern der Ost-Alpen nachgewiesen. So trägt die alpine Facies des Buntsandsteins der Ost-Alpen einiges wenige zur Kenntniss der damaligen Flora und Fauna bei. Aber vieles bleibt hier noch sehr ärmlich und namentlich die Fauna der Hochsee jener Zeit ganz unbekannt, auch ebenso die Riff-Fauna.

Ueber dem Buntsandstein folgt in Deutschland und Lothringen der Muschelkalk, eine Meereskalkformation mit vorherrschender Acephalen-Facies und grossem Individuenreichthum einiger weniger Arten von Brachiopoden *(Terebratula vulgaris)*, Acephalen *(Myophoria vulgaris)*, Cephalopoden *(Ceratites nodosus)* und Crinoideen *(Encrinus liliiformis)*. Diese Ablagerung deutet auf ein Meer von mässiger Tiefe — vielleicht 100, 200 oder 300 Fuss (32—100 Meter). Mehrere Ordnungen sind fast gar nicht darin vertreten, so scheinen die Anthozoen ganz zu fehlen.

Von Crinoideen ist *Encrinus liliiformis* LAM. aus der Abtheilung *Crinoidea articulata* im Muschelkalk in ungeheuren Mengen fossil vertreten, seine zerfallenen Stielglieder erfüllen ganze weit ausgedehnte Schichten, vollständige Kelche mit den Armen sind allerdings selten. Von Echiniden erscheint, ebenfalls in zerfallenen Täfelchen, der erste Vertreter der Autechiniden oder ächten Echiniden *Cidaris grandaevus* GOLDF.

Von Brachiopoden ist *Terebratula vulgaris* SCHLOTH. im Muschelkalk eine sehr häufige Art. — Schon spärlicher vertreten erscheinen *Retzia trigonella* SCHLOTH., *Spirifer fragilis* BUCH und *Spirifer Mentzeli* DUNK. Diese drei aber werden

dadurch wichtig, dass sie den deutschen Muschelkalk mit seinen alpinen Aequivalenten verknüpften.

Die Acephalen erscheinen in reichlicher, alle übrigen Mollusken überbietender Vertretung. Eine ausschliesslich triasische Gattung ist *Myophoria* mit vielen Arten. Es ist der nächstverwandte Vorläufer der jurassischen Trigonien. *Myophoria vulgaris* BRONN ist eine der am weitesten verbreiteten Arten und auch im Muschelkalk der Ost-Alpen vertreten. Von einmuskeligen Acephalen sind *Pecten laevigatus* BRONN, *Pecten discites* BRONN, *Lima striata* GOLDF. und *Gervillia socialis* QUENST. häufig. Hier erscheinen auch die ersten Austern, spärliche Vorläufer des grossen Reichthums, den sie in Jura und Kreide erlangen. *Ostrea placunoides* MÜNST. eine kleine Art sitzt häufig auf Ceratiten.

Die Gasteropoden sind durch einige Arten z. B. von *Natica* und *Dentalium* vertreten.

Die Cephalopoden erscheinen in einigen wenigen, aber sehr wichtigen Arten. *Nautilus bidorsatus* BRONN ist der Hauptvertreter der Nautileen. Ihn begleiten seine verkalkten Kiefern, die sogen. Rhyncholithen. Häufig in manchen Schichten ist die für die Trias besonders bezeichnende Ammoneen-Gattung *Ceratites*, namentlich ist *C. nodosus* HAAN häufig im oberen Muschelkalk.

Von Crustaceen ist im Muschelkalk *Pemphix Sueuri* BRONN nicht selten, ein langschwänziger Decapode, in der Gestaltung von Kopf, Brust, Hinterleib und Schwanzfächer der heutigen Gattung *Astacus* schon nahe verwandt. (Crailsheim in Württemberg.)

Die Fischfauna des Muschelkalkes ergiebt ausser Pflasterzähnen von Cestracionten, wie *Acrodus*, und kegligen Zähnen von Haien, wie *Hybodus*, besonders Schuppen und Zähne von eckschuppigen Ganoiden, namentlich *Gyrolepis*-Schuppen und *Saurichthys*-Zähne.

Zweifelhafter Stellung, aber jedenfalls ein Saurier ist die Gattung *Placodus*, die AGASSIZ erst zu den Pycnodonten (Ganoiden) stellte. Man kennt den Schädel, das übrige Skelett ist unbekannt. Oberkiefer und Gaumen tragen ein Pflaster von breiten gewölbten Mahlzähnen, ähnlich denen der Pycnodonten. Dazu kommen im vorderen Kieferende ein paar stumpfe Schneidezähne. Die Schädelform deutet einen Saurier an.

Reichlich vertreten in der Meeresfauna des Muschelkalkes sind die Saurier mit vieltheilig zusammengesetzten Schwimmfüssen und langem Schwanenhals, *Nothosaurus*, *Simosaurus* u. a. Es sind die nächsten Verwandten und Vorläufer der jurassischen Plesiosauren. Man kennt den vollständigen Schädel. Zerstreute Knochen sind besonders häufig im Muschelkalk der Gegend von Baireuth. Ichthyosauren kennt man aus demselben Gebiet erst in zerstreuten Fragmenten.

Die gleichzeitige Festlandfauna ist fast völlig unbekannt, die Flora nur in wenigen in die Meeresablagerungen eingeschwemmten Landpflanzenresten vertreten.

In den Alpen erscheinen als Aequivalent des deutschen Muschelkalkes eine Reihe von Kalkablagerungen mit einer viel reicheren Meeresfauna, in der aber eine Anzahl von Arten des ersteren sich wiederholen. So von Crinoideen *Encrinus liliiformis* — von Brachiopoden *Terebratula vulgaris*, *Retzia trigonella* und *Spirifer Mentzeli* — von Acephalen *Lima striata*, *Gervillia socialis*, *Pecten discites*. Auch einige Ammoniten und Ceratiten sind gemeinsam. Dazu kommen eine Menge eigenthümlicher und für den alpinen Muschelkalk bezeichnender Arten, z. B. von Acephalen *Halobia Lommeli* WIS., ferner von Cephalopoden zahlreiche Ammoniten

z. B. *Ammonites Aon* Münst., einige Ceratiten und Nautilen. Dazu kommt das erste Hervortauchen von Dibranchiaten mit breiter Rückenschulpe *(Acanthoteuthis)*. Ein grosser Saurier (von Reifling in Steiermark) soll der älteste Ichthyosaurus sein. (Aus dem deutschen Muschelkalk kennt man erst lose Fragmente.) Das Alles deutet auf Ablagerung aus einem tieferen, mit dem grossen Ocean in näherer Verbindung stehenden Meeresgebiete.

Die Meeresschichten des Muschelkalkes im alpinen Gebiet beherbergen auch Reste einer ziemlich reichlichen Landflora mit einigen neuen und eigenthümlichen Arten, die aber im allgemeinen Charakter der Flora des deutschen Buntsandsteins (Sulzbad) sich anschliesst. Hier erscheinen Equiseten *(Equisetites arenaceus)*, Farnen *(Neuropteris)*, Cycadeen *(Pterophyllum* und *Cycadites)*, endlich Coniferen (mehrere *Voltzia*-Arten, *Taxodites)*. Alle diese Aufschlüsse sind noch so neu und im Anwachsen begriffen, dass es zur Zeit noch schwer wird, sie auf allgemeinere Gesichtspunkte zurückzuführen.

Wir gehen zum Keuper über, dem obersten Gliede des Triassystems und hier wird die Mannigfaltigkeit der übereinander abgelagerten Schichtenfolgen und die Abweichung der besonderen gleichzeitigen Ablagerungsgebiete womöglich noch unabsehbarer als in der unteren und der mittleren Trias.

Der Keuper ist in Deutschland und Lothringen eine mannigfach wechselnde Ablagerung aus seichtem, meist sandigem oder schlammigem Meer und auf oscillirender sandiger Festlandküste mit reichlicher Sumpf-Flora. Die Gesteine sind meist Sandsteine, Schieferthone und Mergel oder dolomitische Mergel. Landpflanzen und sumpfbewohnende Landthiere treten stark in den Vordergrund. In der Meeresfauna herrschen die Acephalen. Viele Lager mögen aus einem brackischen Wasser stammen.

Die untere Region des Keupers von Deutschland nimmt die Lettenkohlengruppe ein. Sie begreift namentlich dunkle, oft schwarze Letten, reich an Pflanzenresten, und Flötze von unreiner thoniger Kohle, der sogen. Lettenkohle. Sie erreicht hie und da bauwürdige Mächtigkeit, so in Württemberg, Franken und Thüringen.

Die strichweise in der Lettenkohlen-Gruppe vertretene Meeresfauna schliesst sich mit ihren Acephalen noch eng der des Muschelkalkes an. Zu nennen sind *Myophoria Goldfussi* Alb. und *Gervillia socialis* von Acephalen, *Terebratula vulgaris* und *Lingula tenuissima* von Brachiopoden, ruderfüssige Meeres-Saurier *(Nothosaurus)* fehlen auch hier nicht.

In den Vordergrund tritt die schon in älteren Schichten angemeldete, aber in der Lettenkohlengruppe zuerst in reichlicheren Funden erscheinende Gattung *Ceratodus*. Es sind breite flach gefaltete, mit den Falten gegen die Aussenseite der Kiefern ausgezogene Zähne, die man anfänglich auf Cestracionten oder auf Chimaroiden bezog. Diese Gattung lebt aber heute noch in Sümpfen von Australien und gehört zu den Lungenfischen *(Dipneusta)*.

Die Süsswasser- und vielleicht Brackwasser-Fauna der Lettenkohle vertreten ferner Anodonten und Estherien *(Estheria minuta* Alb.). Dazu kommen mächtige Labyrinthodonten, wie *Mastodonsaurus Jaegeri* mit 2½ Fuss (0,8 Meter) langem Schädel (aus der Lettenkohle von Gaildorf in Württemberg).

Die Landflora ist in der Lettenkohle reichlich vertreten und bietet Equiseten *(Equisetites arenaceus)*, Farnen, Cycadeen *(Pterophyllum)* und Coniferen *(Voltzia* und *Widdringtonites)*.

Der eigentliche oder mittlere Keuper besteht in Deutschland theils aus bunten

Mergeln mit Dolomit, Gyps und Steinsalz — und sehr wenigen organischen Einschlüssen — theils aus Sandsteinen mit reicher Landflora und vielen Resten von Labyrinthodonten und Reptilien.

Die Landflora ist noch sehr ähnlich der der Lettenkohlen-Gruppe. Schädel riesiger Labyrinthodonten hat der sogen. grüne Keupersandstein von Stuttgart geliefert. Dazu kommen Funde von zum Theil ebenfalls riesigen Sauriern. *Belodon* aus dem weissen Sandstein von Stuttgart, 7 Meter lang, ist der älteste Vorläufer der Krokodile. *Zanclodon* aus dem Mergel von Stuttgart erreicht über 30 Fuss Länge (10 Meter) und R. OWEN stellt diese Gattung zu den Dinosauriern. *Aëtosaurus*, gleichfalls von Stuttgart, ist eine kleinere Eidechse, deren Schädelbau in einiger Hinsicht an die Vögel erinnert.

Unter den Fischen des Keupers macht sich *Semionotus Bergeri* AG., ein eckschuppiger Ganoide (aus dem mittleren Keuper von Coburg) durch ausgezeichnete Erhaltung bemerklich. Er ist noch heterocerker Art, aber die Fortsetzung der Wirbelsäule in den oberen Schwanzlappen bleibt schon viel geringer als bei den paläozoischen Ganoiden und damit ist die in der Folge bald eintretene Ausbildung homocerker Fische bereits angemeldet.

Die oberste Abtheilung des Keupers in Deutschland und Lothringen oder die rhätische Schichtengruppe zeigt in Flora und Fauna bemerkenswerthe Abweichungen vom triasischen Charakter. Flora und Fauna spielen zum Theil schon auffallend in die des Lias und Jura über. Man betrachtet diese Zone daher auch wohl als eine eigene Zwischenbildung, die zwischen Keuper und Lias vermittelt, oder zählt sie auch schon als unterste Schicht dem Lias bei.

Diese rhätische Zone besteht aus einer Ablagerung von feinkörnigen Sandsteinen und grauem Schieferthon. Sie führt in Franken (Baireuth und Culmbach) in der Oberregion (Schieferthon) eine reichliche Flora von Gefässkryptogamen und Cycadeen und enthält auch stellenweise schwache Kohlenflötzchen. Diese Flora ist zwar der des unteren und mittleren Keuper im Allgemeinen noch nahe verwandt, enthält aber auch Gattungen und Arten, die hier zum ersten Male auftreten und zum Theil in den Lias und Jura übergehen. Sie hat überhaupt ein Gesammtgepräge, das durch den Lias und den ganzen Jura anhält und auch im Wealden wieder zu erkennen ist. Zu erwähnen sind von dieser Landflora der rhätischen Schichtengruppe Equiseten (*Equisetum Lehmannicanum* und *E. Münsteri*) und Cycadeen (*Pterophyllum Braunianum* und *Pt. Münsteri* STERNB., *Zamites distans* PRESL.).

Die Acephalen herrschen in den Sandsteinen der rhätischen Gruppe und stellen eine marine Acephalen-Facies dar, welche von der des Muschelkalkes und der Lettenkohlengruppe weit absteht und dafür der liasischen Acephalen-Fauna präludirt. Davon sind zu nennen *Avicula contorta* PORTL., *Gervillia praecursor* QUENST., *Modiola minima* GOLDF., *Cardium rhaeticum* MER.

In der obersten Region der rhätischen Gruppe erscheint in Württemberg — dicht unter der ersten Kalkbank des Lias — eine Zahn- und Knochenbreccie, reichlich erfüllt von Zähnen, Schuppen, Knochen und Koprolithen von Fischen und Reptilien. Dieses Bone-bed ist eine dünne Lage von ein oder ein paar Zoll Dicke, die aber über ein ziemlich grosses Gebiet verbreitet erscheint. Hier erscheinen namentlich Zähne von Haifischen (*Hybodus minor* AG.), mancherlei Flossenstacheln, Zähne von Sauroiden (*Saurichthys acuminatus* AG.), Zähne von Cestracionten (*Acrodus minimus* AG.), Ganoiden-Schuppen (*Gyrolepis*) und platte gefaltete Zähne von Lurchfischen (*Ceratodus*). Diese Fisch-Fauna des Bone-

beds von Württemberg, die sich ganz ähnlich auch in England wiederholt, trägt merkwürdigerweise noch triasischen Charakter; sie stimmt noch nahe mit der von Muschelkalk und Lettenkohlengruppe überein. Dazu kommen im Bonebed auch Zähne von ruderfüssigen Meeressauriern *(Termatosaurus)* und von Crocodiliern *(Belodon)* vor. Hier fand sich auch einer der ältesten Reste von Säugethieren, kleine Zähnchen *(Microlestes antiquus* PLIEN.), die an das Gebiss insectivorer Beutelthiere erinnern.

Damit schliesst in Deutschland der vielgestaltige Keuper und darüber folgt die unterste Kalkbank des Lias mit den die Ablagerung aus einem tieferen Gewässer, das in näherem Zusammenhang mit dem grossen Ocean stand, verkündenden Ammoniten.

Anders als in Deutschland ist schon in England der Keuper ausgebildet. Sandsteine, Letten und Mergel vertreten den Buntsandstein, den Muschelkalk, die Lettenkohle und den mittleren Keuper — mit spärlichen Fossileinschlüssen, aus denen sich Buntsandstein und Keuper dürftig rechtfertigen lassen, während kein specifisches Fossil die Schichten verkündet, die dem deutschen Muschelkalk gleichzeitig sind. Aber zur Zeit der Ablagerung des oberen Keupers oder der rhätischen Schichtengruppe herrschten in England die gleichen Ablagerungsbedingungen, wie in Deutschland. Den oberen Keuper vertreten in England wieder weisse Sandsteine und dunkle Schieferthone (mit *Avicula contorta* und *Cardium rhaeticum)* und darüber folgt das fischreiche Bone-bed, das zu Austcliff bei Bristol genau so wie bei Stuttgart auftritt.

Noch weiter weichen die Triasablagerungen im Westen des atlantischen Meeres ab. Sie reichen hier — mit Unterbrechungen — bis zu den Rockymountains. Die Amerikaner fassen sie als *New red sandstone* zusammen.

Der Keuper, deutlich charakterisirt durch eine Reihe von Fossil-Einschlüssen, erscheint in grosser Ausdehnung an der atlantischen Küste und am östlichen Fuss des Alleghany-Gebirges. Es sind rothbraune Sandsteine, darin erscheinen untergeordnete Lager von Conglomerat, Schieferthon und Kalkstein, in Virginien und Nord-Carolina auch Steinkohlenflötze. Man hat diesen New red sandstone der östlichen Unionsstaaten früher für Rothliegendes oder Buntsandstein genommen. Er enthält aber eine Flora und Fauna, die der des Keupers von Deutschland nahe kommt, namentlich Ganoiden mit schwach hetercercalem Hinterende und einige Reptilien, namentlich *Belodon*-Reste. Vielgenannt sind die zahlreichen Fussfährten grosser drei- und vierzehiger Landthiere auf den Schichtungsflächen des rothen Sandsteins von Connecticut. Sie zeigen eine zum Theil überraschende Aehnlichkeit mit denen mancher heutiger Vögel. Man bezieht sie jetzt mit grösserer Wahrscheinlichkeit auf grosse aufrecht auf den Hinterfüssen einherschreitende Dinosaurier, um so mehr als man ähnliche Reptilien-Gestalten aus dem oberen Jura kennt (wie namentlich *Compsognathus)*, und andere aus den Wealden von England. Aus dem Keuper von Nord-Carolina kennt man auch den Unterkiefer eines kleinen Beutelthiers, *Dromatherium sylvestre* EMM. von insectivorem Gebiss-Charakter. Auch die Flora des amerikanischen New red sandstone ist ächte Keuperflora. Sie enthält Equiseten *(Equisetum columnare* STG.), Farnen *(Clathropteris* und *Pecopteris)*, Cycadeen *(Pterophyllum longifolium* und *Podozamites lanceolatus* LINDF.) und Coniferen *(Volzia heterophylla* BROGN.)

So können wir denn schliessen, dass im Zeitalter der Trias — und jedenfalls des Keuper — ein Zug von Festland und seichtem Meeresgebiet von Basel, Württemberg und Franken an über den heutigen atlantischen Ocean hinaus bis

zu den Rocky Mountains sich erstreckte, dass die Meeresküsten meist reich an Sanddünen waren, die Meeresgewässer arm an Thieren, das Festland von einer ziemlich gleichartig beschaffenen, vielleicht nicht sehr artenreichen Flora und Fauna — mit grossen Reptilien und winzigen Säugethieren — bewohnt war.

Aber auch für die damalige Zeit dürfen wir vermuthen, dass der grosse Ocean drei Viertel des Erdplaneten überdeckte, und wenn wir im nordatlantischen Meere für die Triasepoche Festland und seichtes Meer annehmen, so sehen wir dafür Hochsee-Ablagerungen jener Zeit unter den gehobenen Gebirgsmassen der heutigen Continente, namentlich in den Alpen und im Himalaya.

Weit abweichend von der in Deutschland, England und dem östlichen Nord-Amerika vertretenen Facies ist der Keuper in den Alpen. Hier erscheint eine Reihe von Meeresablagerungen von überraschender Mächtigkeit, hie und da reich an Ammoniten, Goniatiten, Orthoceren, in anderen Schichten ein an Foraminiferen reicher Kalkschlamm, überhaupt eine offenbare oceanische Bodenbildung. Mannigfache Verwandte der paläozoischen Meeres-Fauna, die mit Ende der Kohlenkalk-Ablagerung scheinbar spurlos weggefegt ist, tauchen im alpinen Keuper in überraschender Weise wieder hervor und bezeugen, dass während der ganzen Zeit des permischen Systems, des Buntsandsteins und Muschelkalkes ein Ocean mit mancherlei paläozoischen Typen fortbestand, dessen Absätze wir nicht kennen. Die oceanische Fauna erhielt sich unter langsamer Umgestaltung während der permischen Ablagerungen, des Buntsandsteins und des Muschelkalkes fort und taucht dann in den mit dem deutschen Keuper gleichzeitigen oceanischen Kalkabsätzen in den heutigen Alpen wieder auf. Auffallen muss es freilich, Absätze aus tieferem Meer gerade in höherem Gebirge zu finden, aber eben hier können Haupt-Compensationslinien der auf und absteigenden Bewegungen der schwankenden Erdrinde vermuthet werden — ausgebildete Bruchflächen, die zu sehr verschiedenen Zeiten sowohl bei Hebungen als bei Senkungen vorzugsweise wieder in Mitleidenschaft gezogen wurden.

Den Keuper vertreten im Gebiete der Alpen namentlich Kalk-Absätze, stellen weise von mehrerem tausend Fuss Mächtigkeit, einige mit ausgezeichneter Hochsee-Fauna, andere aus seichterem Meere abgelagert. Es sind meistens Kalksteine, manche sind nachträglich in Dolomit umgewandelt worden. Thonig-sandige Schichten zeigen sich in den mächtigen Kalkablagerungen nur spärlich eingestreut, unter ihnen auch wieder pflanzenreiche Lager mit einer Kohlenbildung (Lunzer Schichten).

In der unteren Region erscheinen die Cassianer und Hallstätter Schichten, besonders ausgezeichnet durch ihren Reichthum an Meeres-Fossilien, unter denen *Ammonites Aon* Münst. und *Halobia Lommeli* Wis. sich durch weite Verbreitung auszeichnen.

In den Cassianer Schichten an der Südseite der Alpen (St. Cassian in Südtirol) sind die Gasteropoden überwiegend, aber auch andere Classen, wie die Anthozoen und Spongien reichlich vertreten. Unter den Cephalopoden sind *Ammonites Aon* und eine Anzahl von *Orthoceras*-Arten zu bemerken.

Die Hallstätter Kalke an der Nordseite der Alpen (Hallstatt in Oberösterreich, Aussee in Steiermark) enthalten die reichste Cephalopoden-Fauna der ganzen alpinen Trias. Die Ammoniten erscheinen hier in überwiegender Zahl der Arten und oft in grosser Menge der Individuen. Unter ihnen der prachtvolle *Ammonites Metternichi* Hau., der zwei Fuss Grösse und darüber erreicht, *Amm. galeatus* Hau.,

Amm. Jarbas MÜNST. u. a. Auch mehrere *Orthoceras*-Arten und ungewöhnlich viele Nautilen treten in dieser Fauna auf.

Cassianer und Hallstätter Schichten tragen namentlich dazu bei, den Gegensatz zwischen der paläozoischen Meeresfauna und der der deutschen Trias auszugleichen. Formen von paläozoischem Charakter, wie namentlich die Gattung *Orthoceras*, verkünden durch ihr reichliches Auftreten, dass während jener weiten oft erwähnten Lücke eine Menge paläozoischer Formen unter allmählicher Umgestaltung im grossen Ocean fortlebten. Gleichwohl stimmt von den Arten der Cassianer und Hallstätter Meeresfauna mit solchen aus paläozoischer Formation keine einzige specifisch überein.

In der Oberregion erscheinen eine mannigfach gegliederte und örtlich verschieden geartete Reihe von Ablagerungen, Lunzer und Opponitzer Schichten, Raibler Schichten u. s. w. Aus der Meeresfauna sind *Cardita crenata* GF. und *Myophoria Kefersteini* GF. zu nennen. Die Lunzer Schichten in Niederösterreich sind durch eine mit dem deutschen Keuper übereinstimmende Flora (*Pterophyllum Jaegeri* BROGN. und mehrere andere Arten derselben Gattung, *Equisetum columnare*, *Pecopteris Stuttgartiensis*) ausgezeichnet. Sie bestehen vorherrschend aus sandigen Absätzen und ergeben ein merkwürdiges Bindeglied zwischen alpiner und deutscher Keuper-Facies.

Wir kommen nun zu den Ablagerungen der rhätischen Stufe im alpinen Gebiet, dem Aequivalent des sogenannten oberen Keupersandsteins von Deutschland, Lothringen und England (Zone der *Avicula contorta*). Sie bestehen aus mächtigen Kalk- und Dolomit-Massen, — dem Dachsteinkalk und den Kössener Schichten, die nur in der Facies verschieden und im Wesentlichen gleich alt sind.

Der Dachsteinkalk ist eine Tiefsee-Bildung, die ein paar Tausend Fuss Mächtigkeit erreicht. Bezeichnend ist eine grosse Acephalen-Art *Megalodus triqueter* HAU. In manchen Bänken sind Tiefsee-Foraminiferen (Textularien u. s. w.) in Menge nachgewiesen.

Die Kössener Schichten sind ein mehr mergeliges, aus seichterem Meeresgebiet abgelagertes Aequivalent des Dachsteinkalkes, versteinerungsreiche Absätze von Kalk, Mergel und Schieferthon, reich an Acephalen. Eine Anzahl von Arten aus dem oberen Keupersandstein Deutschlands wiederholen sich hier, z. B. *Avicula contorta* PORTL., *Cardium Rhaeticum* MER., *Pecten Valoniensis* DEFR. Dazu kommen Brachiopoden und Lithodendren.

Merkwürdig ist im Piestinger Thal (Niederösterreich) das Auftreten dünner mergeliger und breccienartiger Zwischenschichten, in denen sich die Fischfauna des Bone-bed's von Stuttgart und Aust Cliff mit Zähnen von *Saurichthys*-Arten, *Acrodus minimus* AG. und *Sargodon tomicus* PLIEN. wiederholt.

Mit den Kössener Schichten schliesst die rhätische Stufe des alpinen Gebietes, darauf folgt das alpine Aequivalent des unteren *Lias* (Zone des *Ammonites planorbis* Sow. oder *psilonotus* QUENST.)

Hochsee-Ablagerungen der Triasepoche, wie wir sie aus dem europäischen Alpengebiete kennen lernten, erscheinen über den grössten Theil der Erdoberfläche, soweit sie das triasische Meer überdeckte, verbreitet. Mann kennt sie auch im Himalaya, im nördlichen Sibirien und auf Spitzbergen, im Westen von Nord-Amerika (in der Sierra Nevada in Californien) und auf Neuseeland. Was man nach der früheren unvollständigen Kenntniss der Trias und ihrer Fauna lange als Ausnahme betrachtete, ergiebt sich damit als die eigentliche Regel für den grössten

Theil der Erdoberfläche, soweit überhaupt das tiefere Meer der Trias-Epoche sich ausdehnte.

Nach Darlegung der vielgestaltigen Zusammensetzung,, welche die Trias-Ablagerungen einestheils in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge, anderentheils nach den örtlich verschiedenen Ablagerungs-Bedingungen ergeben, erübrigt uns noch, einen allgemeinen Blick auf Flora und Fauna der Trias überhaupt zu werfen.

Die Flora des Festlandes während der ganzen Trias-Epoche bestand, soweit uns die fossilen Reste Aufschluss geben, vorwiegend aus Gefässcryptogamen, Cycadeen und Coniferen. Mit Beginn der Trias-Epoche treten baumartige Equiseten an die Stelle der in älteren Epochen vertretenen Calamiten. *Equisetum arenaceum* BROGN. und E. *columnare* BROGN. sind wichtige in der Trias über ganz Europa verbreitete, auch in Nord-Amerika wieder hervortauchende Arten. Die Farnen sind sowohl in Strünken als in Wedeln durch *Anomopteris, Clathropteris, Pecopteris, Taeniopteris* u. s. w. reichlich vertreten. Die Cycadeen drängen sich mit *Pterophyllum, Zamites, Otozamites, Pterozamites* u. s. w. stark in den Vordergrund und erhalten sich mit ähnlichem Gepräge und zum Theil mit denselben Gattungen durch die ganze Jura-Epoche bis in den Wealden-Horizont oder die untere Kreide-Formation. Coniferen bilden eine auf dem Festland weit verbreitete Waldvegetation. Sehr vorherrschend sind zwei Abietinen-Gattungen *Voltzia* und *Albertia*. Weit verbreitet vom oberen Buntsandstein (Sulzbad im Elsass) an bis in den Keuper und auch auf nordamerikanischem Boden erscheint *Voltzia heterophylla* BROGN. Dazu kommen *Taxodites*-Arten.

Die Fisch-Fauna der Binnengewässer und der brakischen Strandlagunen scheint besonders eckschuppige Ganoiden und Lurchfische mit Mahlzähnen *(Ceratodus)* enthalten zu haben und ist von der gleichzeitigen Meeresfauna wahrscheinlich wenig geschieden gewesen.

Mächtig entwickelt erscheint auf dem Festland und im süssen Wasser die Labyrinthodonten-Ordnung mit zum Theil riesenhaften Arten, wie *Mastodonsaurus*, deren Schädel allein über zwei, vielleicht selbst bis vier Fuss Länge erreichte. Ihnen schreibt man auch die fünfzehigen Fussfährten *(Chirotherium*-Fährten) im Buntsandstein zu, die u. a. bei Hildburghausen gefunden werden.

Mächtig entwickelt und in mehreren Ordnungen vertreten erscheinen auf dem Festlande der Triasepoche auch die Reptilien, besonders in thecodonten Formen, von denen namentlich *Belodon* und seine Verwandten durch zweischneidige an den Rändern gekerbte Zähne sich auszeichnen. Dazu kommt *Zanclodon*. Ein sehr vollständig erhaltenes Skelett von Stuttgart verkündet seine riesenhafte Grösse und sein Skelettbau deutet auf einen landbewohnenden Dinosaurier. Eine kleine Eidechse *Aëtosaurus* von Stuttgart zeigt im Schädelbau Analogien mit Vögeln, trägt aber einen ringförmig gegliederten verknöcherten Schuppenpanzer. Dazu kommt aus der Trias von England eine Anomodonten-Gattung, *Rhynchosaurus*, mit einem den Schildkröten und Vögeln ähnlichen Schädelbau und zahnlosen Kiefern. Es ist der einzige europäische Vertreter der (vielleicht etwas älteren) viel reicheren Anomodonten-Fauna des rothen Sandsteins von Süd-Afrika.

Reichlich entwickelt muss die Fauna der Landreptilien in der Trias von Nord-Amerika gewesen sein, wie die im Sandstein von Connecticut erhaltenen Fussfährten zahlreicher, theils drei- theils vierzehiger Landbewohner andeuten. Sie rühren von aufrechtgehenden Thieren her, die zum Theil nur gelegentlich mit ihren Vorderfüssen den Boden berührten. Man bezieht sie auf landbewohnende

Dinosaurier, aber von Skeletttheilen ist wenig oder gar nichts von ihnen in dem betreffenden Gebiete erhalten.

Säugethiere waren in der Triasepoche schon auf dem Festland vertreten, wie die Zähne von *Microlestes* (Stuttgart) und die Unterkiefer von *Dromatherium* (Nord-Carolina) zeigen. Sie werden insectenfressenden Beutelthieren zugeschrieben und deuten jedenfalls noch auf Thiere von sehr geringer Körpergrösse, die vielleicht den Eiern derselben grossen Landreptilien nachstellten, vor deren mächtigem Gebiss sie flüchtig gehen mussten.

Die Meeresfauna der Triasepoche, an Acephalen im deutschen, an Cephalopoden im alpinen Gebiete reich, vermittelt im Grossen und Ganzen zwischen der der oberen paläozoischen Formationen und der des Jura-Systems. Viele paläozoische Typen sind bereits verschwunden. Höchst merkwürdig ist das Wiederauftauchen der Orthoceren, namentlich in der oceanischen Facies des Keupers von Hallstatt. Dafür treten in der meerischen Thierbevölkerung neue Typen auf, welche die entfallenen älteren von da an vertreten, wie namentlich unter den Echinodermen die Autechiniden, die an die Stelle der Palechiniden treten, und die *Crinoidea articulata*, welche die älteren *Crinoidea tesselata* ablösen.

Mächtig entwickelt wie auf dem Festlande erscheint in der Triasepoche die Klasse der Reptilien auch im Meere. Durch *Nothosaurus*, *Dracosaurus*, *Simosaurus* u. a. Gattungen sind die langhalsigen Meeressaurier mit Flossenfüssen vertreten, die Vorläufer und nächsten Verwandten der Plesiosauren des Lias und Jura. Dazu kommt im Muschelkalk von Deutschland und in der Trias der Alpen die erste Andeutung der kurzhalsigen Meeressaurier (*Ichthyosaurus* von Reifling).

Ganz der Trias allein eigen und auch hier, zwar in losen Stücken häufig erhalten, aber noch von sehr unsicherer zoologischer Stellung sind die Placodonten des Muschelkalkes, Saurier mit dem pflasterförmigen Gebiss der Pycnodonten, aber muthmaasslich mit den flossenförmigen Extremitäten der Nothosauren versehen.

Noch nicht im Meere der Trias vertreten, soweit man bis jetzt weiss (und abgesehen von *Belodon*), sind die Crocodilier. Aber auffallend arm an Reptilienresten zeigen sich die bis jetzt bekannt gewordenen Hochsee-Ablagerungen der Trias und dies lässt vermuthen, dass im Gebiete der damaligen Hochsee auch noch manche besondere Formen von Meeressauriern sich umhertrieben, von denen wir zur Zeit noch nichts wissen, deren Nachkommenschaft aber aus liasischen Funden später ersichtlich wird.

Veränderungen der Minerale

von

Professor Dr. **Kenngott.**

Im Allgemeinen erscheinen wohl die Minerale in der Mehrzahl als beständige Körper, insofern ihre Substanz keine Veränderung erleidet und sie vollständig so bleiben, wie sie ursprünglich entstanden sind, doch ist, wenn man die relative Zeitdauer berücksichtigt und alle Vorkommnisse der einzelnen Arten vergleicht, nicht zu verkennen, dass Veränderungen viel häufiger eintreten, als man auf den ersten Blick glaubt. Wenn hier von Veränderungen die Rede ist, so sind zunächst diejenigen ausgeschlossen, welche lose Krystalle oder Bruchstücke von Mineralen bezüglich ihrer Form erleiden, wenn sie an ihrer Oberfläche im Wasser abgerieben werden, wodurch z. B. Krystalle ringsum abgerundet werden und als

Geschiebe vorkommend noch die allgemeinen Umrisse der Gestalt zeigen, Ecken und Kanten ihre Schärfe verlieren und die Flächen anfangen convex zu werden, wie man dies an losen Krystallen von Quarz, Topas, Granat, Olivin, Leucit u. a. beobachten kann. Bruchstücke von Krystallen oder derben Massen werden in gleicher Weise als Geschiebe oder Gerölle abgerundet, während die Mineralsubstanz unverändert bleibt. Hier sollen nur in Kürze diejenigen Veränderungen besprochen werden, welche die Mineralsubstanz erleidet, wodurch ihr Aussehen oder das physikalische Verhalten verändert wird, und dabei schliesslich die Minerale gänzlich zerstört werden oder ihre Substanz eine andere wird.

Hierbei muss man zunächst berücksichtigen, dass Minerale meist nicht vollkommen rein sind, durch gewisse Substanzen gefärbt erscheinen oder mechanische Beimengungen enthalten. Treten nun Veränderungen dieser den bezüglichen Mineralen nicht eigenthümlichen Substanzen ein, so können schon dadurch gewisse Minerale ihr ursprüngliches Aussehen verlieren, ohne dass die wesentliche Substanz verändert wird oder es können durch die Veränderung des unwesentlichen Antheiles Veränderungen der wesentlichen Substanz eingeleitet werden.

Es verändern z. B. gewisse gefärbte Minerale ihre Farbe, zum Theil in Verbindung damit ihren Glanz und die Durchsichtigkeit, wenn die färbende Substanz durch den Einfluss des Lichtes, durch Sonnenschein, durch Austrocknen oder durch Nässe oder sonst andere Einflüsse verändert wird, ohne dass die wesentliche Substanz der bezüglichen Minerale eine andere wird. Solche Veränderungen sind an sich unwesentliche. So verlieren z. B. in vulkanischem Gestein eingewachsene rosenrothe Zirkonkrystalle dem Tageslicht ausgesetzt ihre Farbe, so verblassen durch dieselbe Ursache gelbe Topase, blauer Cölestin, blauer Anhydrit, rosenrother Fluorit u. a., so verblasst die Chrysopras genannte apfelgrüne Varietät des Quarzes durch Licht und Austrocknen, so verlieren dunkle rauchgraue oder braune Feuersteine ihre Farbe, den Glanz und die Durchscheinheit, werden hellgrau bis weiss, matt und undurchsichtig. Ist das bezügliche Pigment reichlicher vorhanden, so kann bei dem letzteren Beispiele durch das Entweichen des färbenden Kohlenwasserstoffes der vorher vollkommen dichte Feuerstein ein Wenig aufgelockert werden und dadurch auch mindere Härte zeigen, als er früher besass. Die wesentliche Mineralsubstanz bleibt trotz solcher z. Th. sehr auffallender Veränderungen unverändert.

Durch den Einfluss des Lichtes können aber auch ausser der Veränderung des Aussehens wirkliche Substanzveränderungen eintreten, wie bei dem feuerrothen bis morgenrothen Realgar, welches dem Tageslichte ausgesetzt mit der Zeit orangegelb wird und zu lockerem Pulver zerfällt, wie man in Sammlungen bemerken kann, während die in Schubladen aufbewahrten Stücke unverändert bleiben. Welche Veränderung in chemischer Beziehung dabei eintritt, ist analytisch nicht festgestellt, wenn auch O. Volger vermuthete, dass sich das Realgar AsS in Auripigment As_2S_3 umändere. So wird der ursprünglich weisse oder farblose Vivianit durch die Einwirkung des Lichtes und der Luft blau und in Folge dieser Einwirkung wird das ursprüngliche wasserhaltige Eisenoxydulphosphat verändert, indem die Analysen Gehalt an Eisenoxyd nachweisen, welches aus dem Eisenoxydul hervorgegangen ist, natürlich auch die Mengenverhältnisse der anderen Bestandtheile ein wenig verändert werden.

Aehnlich der Einwirkung des Lichtes, bringt auch die Wärme Veränderungen des Aussehens hervor, selbst schon die Sonnenwärme bei Mineralen, welche an der Oberfläche der Erde ausgebildet sind oder in Gesteinen zu Tage treten

Die Mehrzahl aber der durch die Wärme erzeugten Veränderungen vollzieht sich in der Erde, da die Temperatur nach dem Inneren zunimmt und dazu treten noch andere Veränderungen, welche das Wasser und die Kohlensäure unter dem Einfluss der Wärme hervorrufen.

Da nun zunächst der Sauerstoff der Atmosphäre, das in ihr enthaltene Wasser und die Kohlensäure in derselben unter Mitwirkung von Licht, Wärme und Elektricität auf die an der Oberfläche der Erde befindlichen Minerale einwirken und dieselben unwesentlich oder wesentlich verändern, so hat man alle derartigen, durch atmosphärische Einflüsse erzeugten Veränderungen als Verwitterung bezeichnet, insofern gewissermaassen die Minerale durch die allgemeinen Witterungsverhältnisse beeinflusst werden, und hat, da auch im Inneren der Erde befindliche Minerale ähnliche Veränderungen erleiden, dieselben auch mit diesem Ausdrucke bezeichnet. (Die Verwitterung im Mineralreiche. G. Suckow, Leipzig 1848.) Wenn nun auch streng genommen der Ausdruck Verwitterung nicht mehr passend ist, indem die stofflichen Veränderungen der Minerale im Inneren der Erde nicht durch die atmosphärischen Einflüsse erzeugt werden, so ist er doch als bequemer für solche im Gebrauch und man spricht von der Verwitterung der Minerale oder nennt Minerale verwittert, wenn in ihnen substantielle Veränderungen eingetreten sind.

In den Artikeln »Atmosphäre« und »Chemische Prozesse in der Geologie« sind mehrfach bezügliche Veränderungen besprochen worden, sowie auch in dem Artikel »Pseudokrystalle« und man ersieht, dass nicht allein Krystalle, sondern auch krystallinische Massen oder auch dichte und erdige nach und nach, gewöhnlich von aussen nach innen Veränderungen erleiden, die Verwitterung der Minerale, wenn man sich dieses Ausdruckes bedienen will, eine sehr verbreitete Erscheinung ist, sich fast auf alle Minerale erstrecken kann. Die Substanzveränderungen werden durch die verschiedensten Ursachen hervorgerufen, wobei selbst bezüglich dieser die Trennung der Verwitterung von Metamorphismus keine scharfe ist und sein kann, wenn man die Substanzveränderungen, welche sich mehr an der Oberfläche der Erde vollziehen, allein Verwitterung nennen will, diejenigen aber, welche sich in der Erde vollziehen, Metamorphismus, ähnlich wie man bei den Gesteinen die Verwitterung und den Metamorphismus (s. diesen Artikel) trennt. F. Senft hat in seiner Synopsis der Mineralogie und Geologie, Hannover 1875, in der ersten Abtheilung Mineralogie, pag. 169, mit grosser Ausführlichkeit in dem Kapitel: von den Umwandlungen der Minerale die verschiedenen Umwandlungsprozesse, die Kräfte und Stoffe, welche die Umwandlungen hervorbringen, die Umwandlungsweise mit Hilfe der beschriebenen Potenzen und Agentien beschrieben. Aus Allem ergiebt sich, dass die gesammten Substanzveränderungen oder Umwandlungen sich in dem Sinne unterscheiden, dass entweder neue Stoffe aufgenommen werden oder dass Stoffe austreten oder dass beides gleichzeitig eintritt. Hierbei spielen ausser der Wärme und Elektricität, sowohl als Anregungsmittel als auch als Umwandlungsmittel, der Sauerstoff, die Kohlensäure, das Wasser, nächstdem Halogene, Schwefel und Schwefelwasserstoff, die Humussäure, die Schwefelsäure, die Alkalien und alkalischen Erden die Hauptrolle und die am meisten wirkenden Stoffe, Sauerstoff, Kohlensäure und Wasser wirken sowohl bei der Verwitterung als auch bei dem Metamorphismus.

Alle eintretenden Veränderungen der Substanz, die sich zunächst an Krystallen gut verfolgen lassen, ebenso aber auch in den krystallinischen und unkrystallinischen Massen eintreten, bei Gemengen complicirter werden, werden

mit gewissen Ausdrücken nach ihrer Erscheinungsweise bezeichnet, ohne dass jedoch immer der Ausdruck ein beschränkter ist, die gleiche Erscheinung auf derselben Ursache beruht.

So zeigen schon gewisse Veränderungen der Farben, die an der Oberfläche der bezüglichen Minerale eintreten, Substanzveränderungen an, indem, wie man sagt, die Minerale anlaufen, ihre Farbe und den Glanz verändern. Dies kommt sehr oft vor, wesshalb bei der Beschreibung der betreffenden Mineralarten dies auch angeführt wird, doch sind dabei die Fälle ausgeschlossen, wo sich auf der Oberfläche ein äusserst dünner Ueberzug einer fremden Substanz absetzt, die mit der Substanzveränderung nichts zu schaffen hat, doch auch als Anlaufen benannt wird, wie z. B. farblose oder weisse Quarzkrystalle an der Oberfläche bunte Farben zeigen, wenn sich auf denselben ein äusserst dünner Ueberzug von Eisenoxydhydrat absetzte. Als Beispiel einer wirklich beginnenden Substanzveränderung ist das Anlaufen des Arsen, Siderit, Chalkopyrit, Bornit, Hämatit, Chalkosin, Galenit, Markasit und Pyrit anzuführen.

Bei weiterem Fortschritt der Substanzveränderung erstreckt sich die Farbenveränderung allmählich tiefer, was man als Verfärbung bezeichnet. So wird der ursprünglich farblose oder weisse Siderit, $FeO \cdot CO_2$ allmählich von der Oberfläche aus blassgelb, gelb bis braun, indem Kohlensäure austritt und das Eisenoxydul von derselben befreit durch gleichzeitige Aufnahme von Sauerstoff sich in Eisenoxyd umwandelnd durch Verbindung mit Wasser Eisenoxydhydrat bildet und so schliesslich der Siderit in Pyrrhosiderit oder Limonit umgewandelt wird. So läuft z. B. der Pyrit, FeS_2, an der Oberfläche roth an, seinen Metallglanz verlierend, indem Schwefel ausgeht und sich Eisenoxyd bildet, welches einen röthen, mehr oder weniger durchscheinenden Ueberzug bildet, später eine dünne Kruste, bis endlich der Pyrit in Eisenoxyd, Hämatit umgewandelt ist, Pseudokrystalle des Hämatit nach Pyrit entstanden sind. In ähnlicher Weise läuft der Pyrit auch gelb bis braun an, indem sich bei Verlust von Schwefel unter Aufnahme von Sauerstoff und Wasser Eisenoxydhydrat bildet und so der Pyrit von der Oberfläche aus sich in Pyrrhosiderit oder Limonit umwandelt und Pseudokrystalle dieser nach Pyrit entstehen. Derartige Erscheinungen zeigen nicht allein Krystalle von Siderit oder Pyrit, sondern auch körnige Aggregate als derbe Massen.

In anderen Fällen verlieren Minerale ihre Festigkeit, ihren Zusammenhang der kleinsten Theilchen, werden aufgelockert und zerfallen endlich. Dies tritt z. B. ein, wenn sie als wasserhaltige, wie verschiedene aus der Gruppe der Salze oder Zeolithe das Wasser theilweise oder ganz verlieren, wobei nebenbei auch wieder Farbe, Glanz und Durchsichtigkeit sich ändern. Oder es entstehen, wie bei der Umwandlung des Anhydrit $CaO \cdot SO_3$ in Gyps $H_2O \cdot CaO + H_2O \cdot SO_3$ durch Aufnahme von Wasser von der Oberfläche aus feine Risse und Sprünge, welche bei tieferem Eingehen sich erweitern, wodurch das Mineral zerberstet, sein Volumen vergrössernd.

Durch das Krystallisiren der Neubildung entstehen oft an der Oberfläche von Krystallen oder krystallinischen Massen mikrokrystallische Ueberzüge, Efflorescenzen oder Ausblühungen, welche sich besonders bei Aufnahme von Stoffen zeigen, wie z. B. bei der Umwandlung von Markasit $Fe S_2$ in Eisenvitriol, wasserhaltiges schwefelsaures Eisenoxydul, durch Aufnahme von Sauerstoff und Wasser, indem die quantitativ grössere und die specifisch leichtere Neubildung nicht denselben Raum einnehmen kann, wie das veränderte Mineral ihn hatte und bei tieferem Eingehen der Umwandlung nothwendig Risse und Sprünge entstehen,

die von der Neubildung erfüllt werden und durch deren Krystallisation ein Zerfallen hervorrufen, bevor noch die ganze ursprüngliche Masse vollständig umgeändert ist.

So bemerkt man oft an der Oberfläche von Krystallen und derben Massen des Smaltit, $CoAs_2$ mikrokrystallische Ueberzüge, Beschläge oder Efflorescenzen von pfirsichblüthrothem Erythrin, an der Oberfläche des Chloanthit, $NiAs_2$ dergleichen von apfelgrünem Annabergit und da diese Neubildungen durch ihre Farbe charakterisirt sind, so lassen sie auf die Natur der beschlagenen Minerale schliessen. In beiden Fällen wird die Substanzveränderung durch Oxydation der wesentlichen Bestandtheile und Aufnahme von Wasser bewirkt, durch den Beschlag oder die Efflorescenz angezeigt.

Gewisse Vorgänge der Verwitterung unterscheidet man auch als Auslaugung, wenn z. B. bei dem Orthoklas durch Kohlensäure enthaltendes Wasser Bestandtheile fortgeführt werden, das Kali desselben und ein Theil der Kieselsäure verloren geht, der Rest sich mit Wasser verbindet und der Kaolin entsteht. Hierher gehört auch die Umwandlung des Augit in Seladonit (Grünerde), des Enstatit in Bronzit u. a. m.

Aus Allem geht hervor, dass durch jede Veränderung der wesentlichen Substanz eines Minerales auch die von dieser abhängigen wesentlichen Eigenschaften verändert werden und dadurch die Umwandlung stets sichtbar wird. Die verschiedene Benennung solcher Veränderungen, wie Verwitterung, Zersetzung, Auslaugung, Metamorphismus, Metasomatismus u. s. w. ist für die Sache weniger wichtig, wogegen die bei der Veränderung eintretenden Erscheinungen sehr verschiedene sind und desshalb diesen nach Möglichkeit eine beschreibende Benennung zu geben ist. Nur wird hierbei nicht immer derselbe Ausdruck auf einen gleichen chemischen Vorgang, auf eine gleiche Ursache der Umwandlung hinweisen, so zerfallen z. B. verschiedene Minerale durch verschiedene Ursachen.

Selten treten an Mineralen Veränderungen wesentlicher Eigenschaften ein, ohne dass dabei die Substanz, die chemische Constitution verändert wird, wie z. B. die Umwandlung der dichten, Kalkstein genannten Varietät der Species Calcit in die krystallinisch-körnige, Marmor genannte Varietät zeigt, welche Veränderung auch J. Hall und G. Rose durch starkes Erhitzen unter Abschluss der Luft experimentell erzielten. So zeigt auch der tesseral krystallisirte Leucit (s. pag. 288) in gewissen vulkanischen Gesteinen eine Umwandlung der tesseralen Gestalt in eine orthorhombische und eine entsprechende Veränderung der von der Gestalt abhängigen optischen Erscheinungen, während die Substanz unverändert blieb. Auch bei anderen Species weisen optische Anomalien auf ähnliche Vorgänge hin, wenn sie nicht eine andere Erklärung finden.

Vögel

von

Dr. Friedrich Rolle.

Die Klasse der Vögel, *Aves*, stellt in der Jetztwelt eine wohl abgerundete Abtheilung des Wirbelthier-Reiches dar, die sich sowohl von den Reptilien, als auch von den Säugethieren scharf unterscheiden lässt.

Es sind eierlegende, warmblüthige Wirbelthiere mit einem, fast nur die Beine oder die Füsse frei lassenden Federkleid und mit eigenthümlich gestalteten zu

Flügeln umgebildeten Vordergliedmaassen. Der frühzeitig zu einer einzigen nahtlosen Kapsel verwachsende Schädel zeigt nur einen einfachen Hinterhaupts-Condylus für die Einlenkung des obersten Halswirbels. Das Quadratbein, *os quadratum* (zum Schläfenbein gehörig), ist beweglich und der Unterkiefer daran aufgehängt. Die Kiefern sind zahnlos und ihre schneidenden Ränder mit Hornscheiden bedeckt.

Ihre Lebensweise ändert mannigfach ab. So giebt es unter ihnen namentlich Körnerfresser, Insektenfresser, Fischfresser und Raubvögel. Der Hauptunterschied fällt zwischen die normalen Flugvögel einerseits und die, wie man annimmt, durch Verabsäumung des Flugvermögens verlustig gewordenen Laufvögel, *Cursores,* und einige andere nicht mehr fliegende Formen andererseits.

Die Vögel sind über das ganze bewohnbare Festland und alle Inseln verbreitet. An beiden Polen reichen sie weiter, als der Mensch bisher vorzudringen vermochte, gehen aber in den kalten Jahreszeiten in wärmere Breiten zurück. Man kennt bereits an 9000 lebende Arten. Von diesen kommt die grosse Mehrzahl auf die normalen Flugvögel oder kielbrüstigen Vögel, deren Brustbein *(sternum)* vorn einen mehr oder minder vorragenden Kamm *(crista)* zur Stütze der Hauptflugmuskeln trägt. Sie sind auch schon in den tertiären Formationen ziemlich reich vertreten. Dies sind die *Aves carinatae.*

Ihre Knochen sind zum Theil pneumatisch zum Behufe der Erleichterung desKörpers beim Fluge und zwar im Allgemeinen um so mehr, je ausgesprochener bei ihnen die fliegende Lebensweise ist. Diese Pneumaticität oder Lufterfüllung eines Theiles der Knochen der Flugvögel ist mit einer aussergewöhnlichen Dichtigkeit und Abgeschlossenheit der äusseren Rindenschicht derselben verbunden. Eine mehr oder minder grosse Anzahl von Knochen sind marklos und hohl. Namentlich ist es der Fall mit den Oberarmen, dem Brustbein und einem Theil der Kopfknochen. Am weitesten geht dies bei den eigentlichen Flugvögeln.

Bei diesen sind oft alle Knochen hohl — bis auf ein paar Kopfknochen. So bei den Sturmvögeln (Procellariden) bis in die Zehenglieder hinab. Die Höhlungen stehen durch Oeffnungen der Knochenrinde mit besonderen Luftsäcken in Verbindung und diese ihrerseits mit den Lungen. Dies wiederholt sich im ganzen Wirbelthier-Reich nur noch bei den Pterosauriern. (Vergl. Reptilien. pag. 157.) Je mehr ein Vogel den Flug verabsäumt, um so mehr verliert sich die Pneumaticität seines Knochengerüstes. So bei Möven und Tauchern.

Minder zahlreich erscheinen in der lebenden Vogelfauna die fluglosen Vögel oder Laufvögel, *Cursores, Brevipennes,* vertreten. Hierher gehören die Strausse und ihre Verwandten, *Aves ratitae.* Es sind des Fluges entwöhnte Bewohner des Festlandes, namentlich ausgedehnter grasiger Ebenen. Schultergürtel und Flügel sind bei ihnen mehr oder minder zurückgebildet, das Brustbein nur ein platter, flach vorgewölbter Knochen ohne medianen Kamm.

Welche von diesen beiden Abtheilungen die primitivere sei, kann Gegenstand der Erwägung sein. Da aber Verabsäumung des Fluges und entsprechende Umbildungen der Vordergliedmaassen vereinzelt auch noch bei verschiedenen Familien der Flugvögel vorkommen, hat es am meisten für sich, alle Laufvögel von Flugvögeln abzuleiten.

Trotz der mancherlei Verschiedenheiten in Gestaltung von Flügeln und Brustbein, sowie von Schnabel, Füssen und Federkleid ist die Klasse der Vögel überhaupt jetzt sehr einförmig und nach gleichem Grundplan angelegt. Namentlich ist ihrer Lebensweise als leichten und leicht beweglichen Bewohnern von

Land und Atmosphäre alles gleichmässig angepassst und dem ersten Bauplan — Umwandlung der vorderen Gliedmaassen zu Flügeln und Bedeckung mit Federn — untergeordnet.

Nur die Strausse und einige andere Formen nehmen eine erheblich gesonderte Stellung ein. Bei ihnen tritt der ältere Grundplan der Klasse etwas zurück und stellt sich eine mehr oder minder tief gehende Anpassung an die laufende Lebensweise ein. Aber die verschiedenen Formen lassen verschiedene Grade der Umgestaltung erkennen und ihre Spuren lassen sich alle zur Genüge auf Flugvögel zurückleiten. So hatte der im XVII. Jahrhundert auf Isle de France ausgerottete fluglose *Didus ineptus* L. oder die Dronte noch einen niederen Brustbeinkamm, war also Abkömmling irgend eines Flugvogels, der auf dieser Insel abgestiegen war und sich hier umgestaltet hatte.

Betreffs der Abstammung der Vögel überhaupt sehen wir uns unzweifelhaft auf Reptilien zurückgewiesen.

Dass die gefiederten und behenden Vögel von den meist auf dem Boden schleichenden, oft träge sich einher schleppenden Reptilien mit ihrem meist stark ausgeprägten Schuppen- oder Knochenpanzer abzuleiten seien, scheint nach dem ersten Eindruck befremdend. Auch bietet der Bau der Gliedmaassen, namentlich der Vorderglieder, des Brustbeins, des Kreuzbeins, des Beckens und des Schädels bei Reptilien und bei Vögeln so auffallende Verschiedenheiten, dass auch der Entwurf des Skeletts bei beiden Wirbelthier-Klassen auf eine ganz verschiedene Abstammung zu deuten scheint.

Gleichwohl gewährt auch die anatomische Vergleichung schon viele nahe Uebereinstimmungen. Das Federkleid der Vögel ist dem Schuppen- und Panzerkleid der Reptilien noch sehr verwandt. Am Fuss der ersteren erscheinen auch Epidermoidal-Gebilde in Gestalt von hornigen Schildern oder Schuppen, die denen der letzteren gleichen.

Hervorragend ist auch die Art der Hinterhaupts-Einlenkung. Bei Reptilien und Vögeln geschieht die Verbindung des Schädels mit dem ersten Halswirbel durch einen einzigen (aus zweien verschmolzenen) Gelenkhöcker *(condylus occipitalis)* — während bei Amphibien und Säugethieren zwei solche Condylen ausgebildet erscheinen.

Ebenso zeigt die vergleichende Entwicklungsgeschichte darauf hin, dass die Vögel von Reptilien abstammen. Die Embryonen der Reptilien und Vögel sind noch bis zu einer verhältnismässig späten Zeit ihrer Entwicklung so gut wie ident und wohl noch theilweise später einander sehr ähnlich.

Damit schwindet auch der Gegensatz im Schädelbau des Reptils und des erwachsenen Vogels. Bei den Reptilien bleiben die Nähte des Schädels meistentheils lange offen, oft bis in ein hohes Alter. Man kann daran die wesentlichen Schädelknochen mit Leichtigkeit unterscheiden. Dagegen verknöchert die Schädelkapsel der Vögel schon in einer frühen Jugendstufe und dabei verschmelzen die Nähte sehr bald mit einander. Der Schädel des jungen Vogels mit noch nicht zur Verwachsung gelangten Nähten zeigt demgemäss noch grosse Uebereinstimmung des Baues mit dem der Reptilien.

So schwindet auch der Gegensatz zwischen dem verkürzten und mannigfach umgebildeten Steissbein *(os coccygis)* der Vögel und dem verlängerten vielgliedrigen Schwanz der Reptilien mit der Kenntnissnahme der Entwicklung des Vogels im Ei.

Hierzu kommt, dass man seit dem Jahre 1861 auch ältere fossile Vögel kennt,

welche den Reptilien näher stehen als irgend eine heute lebende Familie der Vögel. Dies sind die Zahnvögel oder Odontornithen.

So hat der *Archaeopteryx* aus dem oberen Jura (II. pag. 167) bezahnte Kiefern und einen langen geraden vielgliedrigen Eidechsen-Schwanz — *Hesperornis* aus der oberen Kreide (II. pag. 210) bezahnte Kiefern und ähnlich wie bei den Straussen verkümmerte Flügel — endlich *Ichthyornis*, gleichfalls aus der oberen Kreide, bezahnte Kiefern und biconcave Wirbelkörper oder sogen. Fischwirbel, wie sie bei älteren Reptilien-Formen Regel sind, dagegen bei den heutigen nur selten vorkommen. Hiermit verringert sich der Abstand zwischen Reptilien und Vögeln um eine weitere Stufe.

Aber auch in der Reptilien-Klasse dürfen wir uns nach älteren Ordnungen umsehen, wenn wir die nächsten Verwandten und unter ihnen die Stammesvorfahren der Vögel feststellen wollen. Wir müssen dabei über den oberen Jura zurückgehen, denn in diesem fanden wir schon einen reptilienähnlichen Vogel, den langgeschwänzten *Archaeopteryx*. Im Jura und der Trias aber stellen sich als die vogelähnlichsten Reptilien die mit kräftigen Hinterbeinen und starkem Kreuzbein ausgestatteten, wahrscheinlich aufrecht gehenden Dinosaurier (pag 154) heraus. Unter ihnen ist nach dem jetzigen Stande des geologischen Archivs die vogelähnlichste Form der aufrechtgehende und wie ein Känguru hüpfende *Compsognathus* (II. pag. 166). Stammvater der Vögel kann aber auch dieser nicht sein, denn er fand sich in demselben oberjurassischen Lager wie der reptilienähnlichste Vogel.

Hiernach bezeichnen *Archaeopteryx* und *Compsognathus* — soweit heute unsere Kenntnisse reichen — die am weitesten vorgeschobenen Posten der zwei Heere. Zwischen ihnen haben wir noch eine reichliche Anzahl vermittelnder Formen zu vermuthen. Ihre Reste sind aber noch nicht nachgewiesen.

Wir können nach dieser Erörterung zur geologischen Geschichte der Klasse der Vögel übergehen. Für die Triasepoche ist ihr Dasein noch ein Problem. Die während einer Reihe von Jahren auf Vögel bezogenen Fussfährten aus der Trias-Formation des östlichen Nordamerika (Sandstein und Schiefer der Connecticut River Beds) kommen von grösseren und kleineren Dinosauriern, dreizehigen Vierfüsslern, die gewöhnlich aufgerichtet auf den Hinterfüssen einhergingen und nur gelegentlich auch einmal mit ihren kürzeren Vordergliedern den Boden berührten. Sind, wie man anzunehmen guten Grund hat, diese Dinosaurier der Vögel Vorfahren, so können unter jenen Fussfährten des Triassandsteins von Nord-Amerika auch solche von Mittelgliedern beider Abtheilungen sein, sie sind aber nicht nachgewiesen.

Aus dem unteren und dem mittleren Jura kennt man noch keine Reste von Vögeln. Der obere Jura von Franken lieferte den merkwürdigen *Archaeopteryx*, einen bereits wohl ausgeprägten Flugvogel, der aber durch bezahnte Kiefern, langen geraden vielgliedrigen Schwanz nnd einige andere Charaktere noch seine nahe Verwandtschaft mit Reptilien bekundet. Vor und hinter ihm liegt eine weit klaffende Lücke, die nur durch günstige Funde sich wird überbrücken lassen.

Die obere Kreide von Kansas hat Reste von zwei Zahnvögeln oder Odontornithen geliefert, *Hesperornis* und *Ichthyornis*, zwei weit von einander abweichenden Gattungen, wenn nicht Vertretern besonderer Ordnungen. Sie weichen schon weiter ab vom reptilienartigen *Archaeopteryx* und sind bereits sehr ausgeprägte Vögel, die ausser der Bezahnung der Kiefern wenig reptilienhaftes noch aufzuweisen haben. *Hesperornis* ist sogar ein nach Art der Strausse durch Ver-

absäumung des Fluges und sonst veränderte Lebensweise zurückgegangener Schwimmvogel. Muthmaasslich gab es während der Kreide-Epoche viele solche Zahnvögel. Man hat auch noch ziemlich viele Vogelreste in Kreide-Schichten gefunden, einige noch in Kansas, andere in den Oststaaten von Nord-Amerika, ein paar auch in Europa. Aber diese Reste sind zur Entscheidung nicht vollständig genug und es kann sehr wohl damals auch schon zahnlose Vögel gegeben haben.

Die normalen Vögel begleitet von einigen Straussen und anderen fluglosen Formen, sind von der Eocän-Formation allein noch vertreten und bevölkern jetzt in zahlreichen Gattungen und meist grosser Artenmenge das Festland und die Lüfte. Diese alle führen nur Hornscheiden an den Kiefern.

Es stellt sich also in der geologischen und wie wir weiter schliessen dürfen, auch in der genetischen Reihenfolge der Vögel in Bezug auf Bezahnung oder Zahnlosigkeit der Kiefern ein ähnlicher Entwicklungsgang wie bei den Pterosauriern heraus (pag 157), das Gebiss verarmt von Stufe zu Stufe. Der *Archaeopteryx* aus dem oberen Jura und die beiden Vögel aus der oberen Kreide von Kansas besassen ähnlich wie die Pterosaurier bezahnte Kiefern. Alle sonst aus jüngeren Schichten bekannten und alle heute noch lebenden Vögel entbehren der Zähne und haben statt deren nur mit Horn belegte Kieferränder. Eine ähnliche Umbildung nimmt man auch bei den Schildkröten, Ichthyosauren und Monotremen an. Es ist also ein ziemlich verbreiteter Vorgang — der allerdings in einigen Fällen zum Erlöschen geführt hat.

Mehr lässt uns die geologische Geschichte im Stich bei den Straussen und ihren Verwandten. Es giebt auch eine Hypothese, nach welcher dieselben unmittelbar — ohne Vermittelung der Flugvögel — von Dinosauriern abstammen würden. Hierbei dreht es sich besonders darum, ob der *Hesperornis* der oberen Kreide durch Abgewöhnung des Fluges eine Rückbildung erlitt oder ob er die entsprechenden Charaktere der Abstammung von Dinosauriern verdankt. Das Beispiel mancher heutiger sehr ähnlicher Fälle unter den Flugvögeln, z. B. bei *Alca*-Arten, bei welchen fliegende und fluglose nebeneinander auftreten, dürfte eher dafür sprechen, dass *Hesperornis* und die Strausse zurückgebildete Zweige von Flugvögeln sind und überhaupt bald hie bald da im Verlaufe der geologischen Epochen ein unter abweichende Bedingungen gelangter Flugvogel fluglos wurde.

Wir kommen nun zum System der lebenden und fossilen Vögel. Es ist aus verschiedenen Gründen, namentlich aber weil die Abkunft der Strausse problematisch bleibt, noch ziemlich provisorisch. Wir unterscheiden einstweilen *Saururae* oder lang geschwänzte Vögel, *Odontornithes* oder Zahnvögel, *Ratitae* oder Laufvögel, *Cursores*, und *Carinatae* oder kielbrüstige Flugvögel. Wir wollen sie als Unterklassen bezeichnen.

Die langgeschwänzten Vögel, *Saururae*, sind nach einer einzigen Art bekannt, dem vielgenannten *Archaeopteryx lithographica* MEY. (*Archaeopteryx macrurus* Ow.) aus dem oberen Jura (lithographischer Kalkschiefer) von Solenhofen in Franken, von wo man bis jetzt zwei Skelette (1861 und 1878) kennt, die einander ziemlich ergänzen und über die Hauptfragen Entscheidung bringen. Das erste derselben gelangte für 700 Pfund Sterling (14175 Mk) nach London.

Dieser *Archaeopteryx* war ein von den heute lebenden, ziemlich weit abweichender Flugvogel, zum Fluge schon unzweifelhaft eingerichtet, aber in der Befiederung ganz eigenthümlich geartet. Er war von mässiger Grösse, aber mit einem über Körperlänge erreichenden Schwanze versehen. Das nach Berlin gelangte

Exemplar (1878) besitzt die Grösse einer erwachsenen Amsel. Die Länge vom Schnabel bis zur Schwanzspitze beträgt 22 Centimeter, die Flügelspannweite 16.

Der Kopf ist klein und nach dem Vogeltypus angelegt. Die Augenhöhlen sind gross. Die Kiefern sind wie bei den Pterosauriern mit eingekeilten Zähnen besetzt.

Die Zahl der Wirbel ist noch nicht genau ermittelt. Sie sind biconcav. Die präsacralen Wirbel — Halswirbel und Rückenwirbel — zusammen betragen etwa 20. Das Kreuzbein *(sacrum)* besteht aus etwa 5 Wirbeln. Die Schwanzwirbel sind 20. Sie sind langgestreckt und dünn, wie bei langgeschwänzten Pterosauriern und mancherlei andern Reptilien. Dies ist ein auffallender Gegensatz zum verkürzten in eine meist zungenförmige aufgerichtete Platte ausgehenden Schwanz der heutigen Vögel. Dieser lässt meist nur 6—7—8 Wirbel erkennen, bei den Straussen 9. Uebrigens steht die Schwanzbildung der Embryonen heute lebender Vögel der des *Archaeopteryx* noch merklich näher, als die des ausgereiften Zustandes.

Der Schultergürtel weicht von dem der normalen Flugvögel nicht ab. Das Brustbein ist breit. Der Gabelknochen *(furcula,* Stellvertreter des Schlüsselbeines) ist vorhanden. Auch ist die Lage des Schulterblatte s *(scapula)* und des Raben schnabelbeines *(coracoideum)* mit jener bei den späteren Flugvögeln übereinstimmend.

Die Vordergliedmaassen sind im Wesentlichen nach dem Typus der jetzt lebenden Flugvögel gebaut und schon ächte Flügel, aber noch mit einigen alterthümlichen Zügen. Man erkennt daran drei freie Metacarpalknochen (Mittelhandknochen, *ossa metacarpi)* und drei je mit einer gekrümmten Kralle endigende Finger Die drei freien Metacarpalbeine erinnern an eine gewisse Stufe der embryonalen Entwicklung heute lebender Vögel.

Das Becken von *Archaeopteryx* erinnert zugleich an das der Dinosaurier und an eine der Entwickelungsstufen des Vogelembryo's; *ilium, ischium* und *pubis* sind noch getrennt.

Die Hintergliedmaassen sind ebenfalls nach demselben Typus, der auch den normalen Flugvögeln zu Grunde liegt, gebaut, gleichwohl noch mit einigen Anklängen an die Reptilien-Form. Der Mittelfussknochen *(metatarsus)* ist wohl schon zu einem einzigen Knochengebilde verschmolzen, zeigt aber noch tiefe Längseinschnitte, welche seine Verschmelzung aus mehreren Röhren erkennen lassen.

Der Fuss mit seinen vier Zehen präludirt dem der Klettervögel *(Scansores,* z. B. der Spechte.)

Was die Befiederung betrifft, so sind die Vordergliedmaassen mit kräftigen Schwungfedern versehen. Diese sitzen am Ulnar-Rand des Vorderarmes und der Hand. Der lange gerade Schwanz, der mehr als die Länge des ganzen übrigen Körpers erreicht, ist mit zweireihig gestellten, starken langen Steuerfedern besetzt. Von den 20 langgestreckten Schwanzwirbeln kommen auf jeden ein paar solcher Federn, zusammen also 40, sodass der ganze Schwanz eine regelmässige Fiederung zeigt.

Dies ist eine Gestaltung, wie sie bei keinem lebenden Vogel mehr sich wiederholt. Unverkennbar aber ist es, dass sie mit einzelnen Charakteren von Dinosauriern, auch wohl von Pterodactylen und Eidechsen noch verknüpft erscheint. Diese Ausbildung hat die heutige Vogel-Fauna bereits wieder abgestreift. Manche dieser ehemaligen Charaktere der Mittelformen zwischen Reptil und Vogel wiederholen sich aber jetzt noch vorübergehend in einem oder dem anderen Ent-

wicklungszustand des Vogelembryo's. Ueberhaupt steht der *Archaeopteryx*, wenn er auch nach seinen Hauptcharakteren bereits ein entschiedener Vogel ist, gleichwohl den Reptilien und namentlich den Dinosauriern näher als irgend eine lebende Art seiner Klasse. Wahrscheinlich lebten ähnliche Vögel mit Eidechsenschwanz in der Jura-Epoche zahlreich an Arten und Gattungen. Unter ihnen mögen auch Mittelformen gewesen sein, die den Abstand vom *Archaeopteryx* zu Dinosauren einerseits, jüngeren Vögeln andererseits ausglichen.

Die Zahnvögel, *Odontornithes*, der Kreide-Epoche sind am besten vertreten durch die beiden schon mehrfach genannten Gattungen aus den Meeresablagerungen der oberen Kreide von Nord-Amerika, von denen die eine an die Strausse sich anlehnt, die andere einen Flugvogel darstellt. Sie weichen unter sich weit ab und mehr noch vom langgeschwänzten und fiederschwänzigen *Archaeopteryx* des oberen Jura. Sie sind bereits um eine gute Stufe mehr ausgeprägte Vögel, die den Reptilien-Typus noch mehr abgestreift haben.

Muthmaasslich gab es während der Kreide-Epoche viele solcher Zahnvögel in verschiedenen Abstufungen. Man kennt auch aus Kreide-Schichten noch ziemlich viele Vogelreste, namentlich noch einige aus der Kreide von Kansas, andere aus gleichalten Lagern des Ostens von Nord-Amerika, noch andere auch aus Europa. Aber unter diesen Resten ist keiner so weit vollständig, dass man darüber sicher entscheiden könnte, ob er einem Zahnvogel angehört, oder ob mit ihm die zahnlosen Vögel schon anheben.

Hesperornis regalis Marsh aus der oberen Kreide (Pteranodon Beds) von Kansas, war nach O. C. Marsh ein grosser fleischfressender, schwimmender und tauchender Strauss. Er ist nach dem ganzen Skelett bekannt und hatte nahe sechs Fuss Länge (1,8 Met.)

Der Schädel war lang und schmal. Die Kiefern waren mit spitzen etwas gekrümmten Zähnen besetzt, die in einer Rinne derselben sassen. Es waren 14 oben und 33 unten. Der Zwischenkiefer war zahnlos — wahrscheinlich also mit einer Hornhaut bedeckt.

Schultergürtel schwach gebaut. Das Brustbein war ungekielt, dabei dünn und schwach. Die Vordergliedmaassen waren zurückgegangene, bereits zum Fluge nicht mehr geeignete Flügel. Deutlich ist davon nur noch der dünne und schwache Oberarmknochen *(humerus)*.

Beckengürtel kräftig gebaut, aus vollkommen verschmolzenen Knochen zusammengesetzt. Die Hintergliedmaassen waren sehr ähnlich denen der heutigen Schwimmvögel und von sehr kräftigem Bau. Fuss vierzehig, ganz ähnlich dem der Taucher *(Colymbidae)*.

Der Hals war schlank und bestand aus 17 Wirbeln. Dazu kamen sechs Rumpfwirbel und 14 zu einem Heiligenbein *(sacrum)* verwachsene Sacralwirbel. Der Schwanz war kurz und stark. Er bestand aus 12 zum Theil mit einander verbundenen Wirbeln. Zusammen 49 Wirbel.

Die Knochen waren nicht pneumatisch.

Was die genauere natürliche Stellung im System der fossilen und lebenden Vögel betrifft, so gehört *Hesperornis* nach O. C. Marsh zu den Straussen, denen er sich in den wichtigeren Charakteren anschliesst, wogegen seine Aehnlichkeit mit Schwimmvögeln nur auf einer Anpassung an die schwimmende Lebensweise beruhen soll. Es fehlt auch nicht an nahen Beziehungen zu Dinosauriern. Jedenfalls bedeuten aber die zurückgegangenen und rudimentär gewordenen Flügel, dass *Hesperornis* noch Flugvögel zu Vorfahren hatte und nicht

unmittelbar von Dinosauriern herzuleiten ist. Zudem ist möglich, dass trotz der angeführten Meinung von MARSH es sich noch herausstellt, *Hesperornis* sei mehr ein Schwimmvogel als ein Strauss gewesen — wie dies namentlich der Bau des Fusses andeutet.

Ichthyornis dispar MARSH, ebenfalls aus der oberen Kreide von Kansas, war ein kleinerer fliegender Vogel mit ziemlich grossem Schädel und langem Schnabel Er war kaum etwas grösser als eine Taube.

Die Kiefern waren mit zahlreichen spitzen, etwas zurückgekrümmten Zähnen besetzt, die in besonderen Gruben sassen. Die Wirbelkörper waren noch biconcav wie bei den Reptilien der älteren Formationen und wie bei einer heute noch lebenden Eidechsen-Gruppe. Schultergürtel ähnlich wie bei den heutigen Flugvögeln gebaut und in allen Stücken typisch gestaltet. Brustbein stark gekielt, Flügel vollkommen ausgebildet, die Mittelhandknochen verschmolzen. Beckengürtel und Hintergliedmaassen verhältnissmässig schwach gebaut. Das Heiligenbein besteht aus 10 Wirbeln. Schwanz kurz. Die Knochen mehr oder minder pneumatisch.

Diese beiden Zahnvögelgattungen *Hesperornis* und *Ichthyornis* sind schon als Typen zweier verschiedener Ordnungen zu erachten. Sie weichen offenbar unter sich und vom jurassischen *Archaeopteryx* mehr ab, als alle heute lebenden Vögel unter einander. Dies zeigt weiterhin, dass obige drei alten Typen, obschon ächte Vögel, doch zwei bereits sehr getrennte Aeste des Stammes — *Archaeopteryx* und *Ichthyornis* als Flugthiere einerseits, *Hesperornis* andererseits — darstellen und dass ihre erste Wurzel in entlegneren Epochen und unter amphicölen Reptilien, beziehungsweise Dinosauriern anzunehmen ist.

Lebend und fossil vertreten, aber minder zahlreich als die Flugvögel sind die fluglosen Vögel oder Laufvögel, *Cursores, Brevipennes* oder *Ratitae*[1]) als deren bekannteste Form der afrikanische Straus, *Struthio camelus* zu nennen ist.

Es sind des Fluges entwöhnte Bewohner des Festlandes, namentlich ausgedehnter grasiger Ebenen, dabei meist kräftig gebaute und behende Läufer. Schultergürtel und Flügel sind bei ihnen mehr oder minder zurückgebildet, das Brustbein nur ein platter flachwölbiger Knochen ohne einen medianen Kamm, was der Verringerung der Flugmuskeln entspricht. Dafür sind meistens die Hinterbeine und Füsse für raschen Lauf kräftig ausgebildet, auch das Becken stark gebaut; endlich die Knochen bis auf wenige Schädelknochen frei von Luftkammern.

Die geographische Verbreitung der Strausse und ihrer Verwandten hat etwas Auffallendes. Sie gehören vorzugsweise der südlichen Halbkugel an.

So hat Afrika von der Südspitze an bis nahe der Mittelmeer-Zone den eigentlichen oder zweizehigen Strauss, *Struthio camelus*. Dazu kommt der dreizehige amerikanische Strauss, oder der Nandu, Rhea, der die Pampas-Flächen von Süd-Amerika bewohnt. Der ebenfalls dreizehige neuholländische Strauss oder Emu, *Dromaeus*, bewohnt die Ebenen Neu-Hollands. Der indische Casuar, gleichfalls dreizehig, *Casuarius*, ist ein Bewohner der Wälder von Java und Sumatra.

Den Straussen schliesst sich auch der kleine und eine von vorigen abweichende Lebensweise führende Kiwi, *Apteryx*, von Neuseeland an. Er ist vierzehig, kurzbeinig und langgeschnäbelt, dabei kein Schnellläufer.

---

[1]) *Ratitus*, ein ungewöhnliches lateinisches Wort, wird von *ratis*, Floss, Schiff, Kahn hergeleitet und soll schiffsförmig bedeuten.

Hierzu kommen nun noch von Neuseeland die in den letzten Jahrhunderten von der Hand des Menschen ausgerotteten Moa's, fluglose, die Strausse an Grösse noch übertreffende Riesenvögel. Sie sind durch zwei Gattungen, *Dinornis* und *Palapteryx*, vertreten.

Endlich kann man hier auch die bis jetzt erst wenig bekannt gewordenen, gleichfalls erst in einer späten Zeit erloschenen Riesenvögel von Madagaskar aufführen. Sie stellen die Gattung *Aepyornis* dar.

Von dieser Zusammendrängung der Strausse und ihrer Verwandten auf der an zoologischen Charakteren sonst so armen südlichen Halbkugel leitet sich die Hypothese vom antarktischen Ursprung derselben her, nach welcher die späteren Nachkommen der Antarktiker im Verlaufe von Hebungen und Senkungen schliesslich die nördlicheren Inseln und Festländer erreichten und hier sich nicht weniger als sechs neue Heimstätten gewannen. Wir berührten diese Hypothese schon im Artikel Quartär-System, pag 116. Sie steht auf schwachen Füssen. Immerhin ist sie noch vereinbar mit der von HUXLEY aufgestellten Hypothese, es stammten die fluglosen Vögel unmittelbar und ohne Vermittelung von Flugvögeln von den Dinosauriern ab — wie denn auch MARSH im *Hesperornis* in erster Linie einen straussartigen Vogel zu erblicken glaubt.

Es steht dem aber eine dritte Hypothese entgegen. Das Beispiel mancher heutigen Fälle unter den Flugvögeln, namentlich bei den *Alca*-Arten, bei welchen fliegende und fluglose neben einander auftreten, deutet auf einen anderen Vorgang der Umformung. Es dürfte dafür sprechen, dass *Hesperornis* und die Strausse zurückgebildete Zweige von verschiedenen Flugvögeln sind und dass überhaupt im Verlaufe der geologischen Epochen bald hie bald da ein unter die maassgebenden Bedingungen gelangter Flugvogel fluglos wurde. Diese Hypothese setzt also für jedes besondere Gebiet der Strausse einen älteren fliegenden Strauss voraus, der sich für die Dauer auf festen Boden zurückzog, dem Flug entsagte und an den Flügeln, dem Brustbein u. s. w. mehr oder minder tiefgehende Umbildungen erlitt. Diese fliegenden Strausse dürften dann besonders der Südsee angehört und mögen die Gestalt von Gänsen gehabt haben. Wir lassen diese Hypothesen einstweilen dahingestellt und gehen zu den wichtigsten Gattungen der fluglosen Vögel über.

Von der heute Neuholland angehörenden Gattung *Dromaeus* und von der afrikanischen Gattung *Struthio* findet sich je eine Art fossil in den oberen Tertiär-Schichten von Ost-Indien.

Von der süd-amerikanischen Gattung *Rhea* fanden sich Reste in den Knochenhöhlen von Brasilien.

Die Familie *Dinornithidae* begreift sehr grosse, erst seit einigen Jahrhunderten von der Hand des Menschen ausgerottete dreizehige, oder auch wohl vierzehige Vögel von Neuseeland. Die Maori's nennen sie Moa's und alte Leute erzählten noch von der Jagd auf dieselben.

Die Hauptgattung ist *Dinornis* mit mehreren Arten von theils mittlerer, theils sehr bedeutender Grösse, die auf Neu-Seeland und zwar sowohl auf der Nord-Insel, als auf der Süd-Insel in den jüngsten Bodenschichten, namentlich in Flussanschwemmungen, in Torfmooren und im Lehm von Knochenhöhlen vorkommen. Man hat von ihnen mehrere sehr vollständige Skelette. Es waren Thiere von plumpem Bau mit nicht pneumatischen Knochen, die zum Theil den Strauss an Grösse übertrafen.

Der Kopf ist klein und dem des Strausses ähnlich. Die Wirbelsäule ist

kräftig gebaut. Der langgestreckte Hals gleicht dem der Strausse und der Gänse. Der Schultergürtel und die Vordergliedmaassen sind verkümmert und wahrscheinlich weiter zurückgegangen als beim Strauss (nicht alle Knochen bekannt). Das Brustbein ist ein breiter vorgewölbter Knochen ohne Kiel. Das Becken ist massig angelegt. Die Hintergliedmaassen und Füsse sind ausserordentlich kräftig gebaut und zum Laufen und Scharren eingerichtet, grobknochiger als die des Strausses. Der Fuss ist dreizehig. Man kennt auch Eier dieser Riesenvögel, sie sind zum Theil grösser als die des Strausses.

Man kennt bereits eine ziemliche Anzahl von *Dinornis*-Arten und zwar haben die Nord-Insel und die Süd-Insel verschiedene ergeben, was annehmen lässt, dass die Ansiedelung derselben auf Neu-Seeland schon in ein ziemlich entlegenes Zeitalter zurückreichen kann, während welcher Zeit die Species auseinander gingen.

Dinornis giganteus Ow. war bei weitem die riesigste Form aller bekannten Vögel und erreichte beiläufig eine Höhe von 3 oder 3,5 Meter. Auf den Unterschenkel *(tibia)* kommt allein schon eine Höhe von 1 Meter, auf den Oberschenkel *(femur)* und den Laufknochen *(tarsus)* zusammen fast das Gleiche.

Dinornis elephantopus Ow. erreichte nicht die Grösse der vorigen Art und wurde nur 1,5 Meter hoch. Dagegen zeichnet sich das Knochengerüste durch ungewöhnliche Massenhaftigkeit aus, was besonders bei den Füssen der Fall ist. Diese Art war die grobknochigste aller Vögel.

Din. didiformis war war eine kleine Art, die nur die Grösse einer Dronte erreichte.

Wenig von *Dinornis* verschieden war die Gattung *Palapteryx* mit vierzehigen Füssen — drei kräftigen Vorderzehen und dazu noch einer kleinen Hinterzehe. Man kennt mehrere Arten aus jugendlichen Ablagerungen von Neu-Seeland. *Palapteryx ingens* Ow. erreichte 2 Meter Höhe — wie der afrikanische Strauss.

Die Moa's wurden sicher erst in den letzten Jahrhunderten von den Maori's ausgerottet und man findet an alten Lagerplätzen der letzteren oft noch ansehnliche Mengen von Moa-Knochen als Ueberreste ihrer Mahlzeiten. Sie müssen darnach ehedem hier häufig gewesen sein. Ihre Hauptnahrung waren wahrscheinlich Farnwurzeln. Die Maori's sollen auf Neu-Seeland vor 600 oder 800 Jahren eingewandert sein. Als um Mitte des vorigen Jahrhunderts die ersten Europäer die Küsten betraten (Cook und Forster 1773) waren die Moas bereits erloschen und die Maoris von Hunger getrieben zu Menschenfressern geworden.

Den Straussen schliesst man ferner die erloschenen Riesenvögel von Madagaskar, Gattung *Aepyornis* an. Sie finden sich ebenfalls in den jüngsten Bodenbildungen eingeschlossen und mögen wohl auch erst in geschichtlicher Zeit der Hand des Menschen erlegen sein. Merkwürdig ist aber, dass schon Marco Polo vom Vorkommen des Riesenvogels *Ruc* auf Madagaskar berichtet. Knochen kennt man nur wenig vom *Aepyornis*. Sie bleiben an Grösse und Dicke hinter denen der Strausse und der Moa's nicht zurück. Die Gestalt der Fussknochen kommt mehr mit der beim Strauss als der beim Moa überein. Der Fuss war dreizehig. Man kennt aber von *Aepyornis* auch riesenhafte Eier, weit grösser als die des Strausses und auch dickschaliger. Sie erreichen 34 Centim. Länge und 22,5 Breite.

Es bleibt uns nun noch die Unterklasse der eigentlichen Flugvögel oder kielbrüstigen Vögel, *Carinatae*, welche das Hauptheer der heute lebenden Vögel darstellen und nur noch die kleine Schaar der Strausse und straussartigen

Vögel zu Gefährten neben sich haben. Ihr Bau ist vorzugsweise und meist in hohem Grade dem Fluge angepasst und ihr Knochengerüste mehr oder minder marklos und pneumatisch, am meisten bei behenden Fliegern. Ihr Brustbein hat in der Mediane der Vorderseite einen stark vortretenden Kamm oder Kiel, *crista*. Er dient den Hauptflugmuskeln zur Stütze und schwindet meist bei Aufgebung der fliegenden Lebensweise. Ein anderer wichtiger Charakter der Flugvögel besteht in der Verkürzung des Schwanzes und der Verwachsung der hinteren Schwanzwirbel. Die daran befestigten Steuerfedern stehen meist in Fächerform.

Die Flugvögel finden ihre Vorläufer im jurassischen *Archaeopteryx*, dessen an gestreckten Wirbeln sitzender Fiederschwanz bei ihnen in Folge der Verkürzung und Umgestaltung derselben zur Fächerform sich zusammen geschoben hat und im *Ichthyornis* der Kreide-Epoche, der noch Zähne und sogen. Fischwirbel hat, aber gleichwohl ein behender Flieger war. Diese Typen-Folge kann sehr wohl auch als ein genetischer Verband gelten. Zahnlose kielbrüstige Vögel oder eigentliche Flugvögel können schon im Verlaufe der Kreide-Epoche aus Zahnvögeln hervorgegangen sein. Man kennt aus ihr ziemlich viele Reste von Vögeln, dieselben aber sind nicht so weit vollständigerhalten, dass man darüber sicher entscheiden könnte, wo die Zahnvögel aufhören und die zahnlosen Flugvögel anheben.

Reichlicher sind die gemeinen Vögel in den tertiären Formationen vertreten, wo die Klasse, wie es scheint, ihre heutige Ausbildung und ihren Formenreichthum erhielt. Inzwischen haben aber auch wieder in ihren Reihen verschiedene Rückfälle in die fluglose Lebensweise stattgefunden, namentlich wenn einer der Flugvögel in einem Gebiete internirt wurde, wo er ohne Flug reichliche Nahrung finden und seinerseits vor räuberischen Nachstellungen sicher sein konnte, wie dies besonders auf Inseln und auf weiten Gras-Ebenen am leichtesten zusammentrifft.

Es haben damit auch wieder Umbildungen einzelner für Flugvögel sonst allgemein giltiger Charaktere des Skeletts stattgefunden, die mehr oder minder als Rückschläge zu älteren geologischen Vorfahren sich auffassen lassen. So ist z. B. bei einer Papageien-Gattung der Kiel des Brustbeins rudimentär geworden, dessgleichen auch bei der Dronte etwas verringert.

Wir wollen von den zahlreichen aber meistens unwichtigen Funden von Resten aus dem grossen Heer der Flugvögel nur einige erheblichere näher betrachten.

Gastornis parisiensis HEB. aus dem unteren Eocän (Conglomerat zwischen plastischem Thon und Pisolithkalk) von Meudon bei Paris ist den Straussen und den Tauchern verwandt. Man kennt den Oberschenkel *(femur)* und das Schienbein *(tibia)* des Unterschenkels. Er erreichte die Höhe des Strausses, der Knochenbau war aber noch massiver.

Alca impennis L. aus der Ordnung der Taucher, Fam. *Alcidae*, war ein fluglos gewordener Strandvogel, der ehedem auf Island lebte, aber den Nachstellungen des Menschen erlag. Er soll angeblich 1842 ausgerottet worden sein. Knochen dieses Alks finden sich in Dänemark in den sogen. Küchen-Abfällen der Steinzeit.

Odontopteryx toliapicus OW. fand sich im Eocän (London-Thon) von England. Man kennt den Schädel mit dem Oberkiefer und dem Unterkiefer. Ihre Ränder sind spitz gezähnelt oder wie eingesägt. Diese Bewaffung des Kieferrandes ist aber schon weit verschieden von der der Zahnvögel.

Didus ineptus L. die Dronte oder der Dudu, lebte bis etwa ins Jahr 1681

auf Isle de France (Mauritius) und erlag damals den Nachstellungen der Seefahrer. Man findet noch Knochen desselben in den jüngeren Bodenabsätzen dieser Insel. Es war ein unbeholfener flugloser Vogel von schwerem und plumpem Körperbau, ein träges Thier, welches sich anfassen liess, ohne den Versuch zu machen, zu entkommen, dabei von der Grösse eines Schwans. Der Schnabel war stark, von mehr als der Länge des Kopfes, vorn hakenförmig herabgebogen, ähnlich dem eines Geyers. Flügel und Schwanz sind rudimentär. Der Kiel des Brustbeins war niedrig. Fuss stark und vierzehig; drei Zehen nach vorn gewendet, dazu eine kurze Hinterzehe. Die verwandtschaftlichen Verhältnisse der Dronte sind noch nicht recht festgestellt, gewöhnlich stellt man sie als Vertreter einer eigenen Familie *Dididae* oder *Inepti* zu den Tauben.

Vulkane

siehe am Schlusse des Bandes.

Wachsthum der Krystalle

von

Professor Dr. **Kenngott.**

Wenn im elementaren Unterrichte in der Naturgeschichte oder in bezüglichen Büchern die Unterschiede der drei Naturreiche und die der Thiere, Pflanzen und Steine (Minerale) besprochen werden, so wird gewöhnlich auch hervorgehoben, dass die Thiere und Pflanzen Nahrung aufnehmen und in Folge der Verarbeitung derselben von Innen nach Aussen wachsen, die Steine (Minerale) aber sich nur durch Ansatz gleichartiger Substanz von Aussen vergrössern (wachsen). Da nun unbedingt die Krystalle der Minerale als unorganische Individuen gestatten, das Wachsthum derselben zu beurtheilen, insofern gewisse Erscheinungen an denselben das Wachsthum nachweisen, so soll hier nur von dem Wachsthum der Krystalle die Rede sein. Da aber ganz besonders die nicht mineralischen Krystalle wirkliche Beobachtungen bezüglich des Wachsthums gestatten, und sie selbst als natürliche unorganische (nicht organisirte) Individuen den Mineralkrystallen gleich gestellt werden müssen, so können auch die Beobachtungen an nicht mineralischen Krystallen auf die Mineralkrystalle übertragen werden und das, was an den nicht mineralischen Krystallen beobachtet wird, zur Deutung der Vorgänge an den Mineralkrystallen verwendet werden.

Dass die Wachsthumsverhältnisse der Krystalle ganz andere sind, als die der Thiere und Pflanzen, wie bereits oben angedeutet wurde, ergab sich schon frühzeitig aus der Thatsache, dass die Thiere und Pflanzen bezüglich der Grösse sich anders verhalten. Während bei ihnen die durch das Wachsthum zu erlangende Grösse eine beschränkte ist, zeigten die Mineralkrystalle, dass die Individuen derselben Mineralart keine beschränkte Grösse haben. Bei ihnen sind Unterschiede der Jugend und des Alters nicht anzugeben, die Krystalle derselben Mineralart können als vollkommen ausgebildete mikroskopisch klein sein oder in ausserordentlichen Dimensionen vorkommen, während sie sonst in allen Beziehungen gleich vollkommene Individuen sein können, in der Regel sogar die

kleinen Individuen derselben Art in vieler Beziehung vollkommener sind als die grossen, worauf besonders äussere Umstände einen grossen Einfluss ausüben.

Die zum Theil enormen Unterschiede in der Grösse der Krystalle derselben Art beweisen zunächst, dass die Krystalle wachsen und dass die erste Bedingung des Wachsthums die Anwesenheit gleichartiger Substanz ist und dass somit, wenn nicht räumliche Hindernisse vorliegen, die Krystalle im wahren Sinne des Wortes ein unbeschränktes Wachsthum hätten. Ausserdem ist leicht ersichtlich, dass die vorhandenen Krystalle, wenn gleichartige Substanz genügend vorhanden ist, in sich die Befähigung enthalten müssen, die gleichartige Substanz zu ihrem Wachsthume zu verwenden, welche sich ohne diese Befähigung einfach auf den vorhandenen Krystallen absetzen würde, ohne sie als Individuen zu vergrössern.

Die Krystalle, als unorganische Individuen äusserlich durch mathematisch bestimmbare Gestaltung ausgezeichnet, zeigen als solche die in den Artikeln »Gestalten der Minerale, Krystalle und Krystallgestalten« besprochenen Gestalten und eine gewisse Grösse, wenn sie gefunden werden und man muss bei ihnen annehmen, dass sie von ihrem Ursprunge an, wo sie gewiss sehr klein waren, gewachsen sind, nur kann man in seltenen Fällen an ihnen Erscheinungen des Wachsthums wahrnehmen. Bei der unendlich grossen Zahl und Verschiedenheit z. B. von Quarzkrystallen findet man verhältnissmässig äusserst selten solche, welche deutlich das Wachsthum durch Ansatz gleichartiger Substanz beweisen. So findet man bisweilen in der Schweiz durchsichtige Bergkrystalle, welche in ihrem Inneren sehr dünne parallele Lagen von feinschuppigem Chlorit enthalten und wobei die Lagen mit der äusseren Gestalt dieser Bergkrystalle übereinstimmend den äusseren Flächen parallel sind. Man erklärt, wie man auch durch besondere Versuche an nicht mineralischen Krystallen deutlich nachweisen kann, die Erscheinung dadurch, dass auf der Oberfläche an einem bestimmten Orte entstandener und bis zu einer gewissen Grösse vorgeschrittener Bergkrystalle sich höchst feinschuppiger Chlorit als eine fremde Substanz absetzte, als wenn derselbe als Staub darauf gestreut worden wäre, ohne eine zusammenhängende Schicht zu bilden. Mit Chloritschüppchen fein bestäubte Bergkrystalle findet man übrigens nicht selten und es lässt sich an vielen derselben deutlich erkennen, von welcher Seite her sie vorherrschend den aufliegenden Chlorit als mehr oder minder dünnen Ueberzug erhielten, so dass auch bisweilen einzelne Flächen ganz frei von diesem Chloritstaube sind.

Wenn nun ein so fein bestäubter Bergkrystall sich durch neuen Absatz von Kieselsäure regelmässig vergrösserte (wuchs), so musste man einen neuen Quarzkrystall finden können, der im Inneren durch die der äusseren Form entsprechende höchst feine Bestäubung der früheren Oberfläche die Grösse und Gestalt des früheren Krystalles erkennen lassen musste, wie man dies in der That an manchen Bergkrystallen sieht. Trat nun wieder eine Bestäubung, wenn wir uns dieses Ausdruckes bedienen, um den Niederschlag des Chloritpulvers auf dem Krystalle zu bezeichnen, auf der Oberfläche des durch Wachsthum vergrösserten Bergkrystalles ein, und wuchs der Krystall nachher weiter, so zeigt er im Inneren zwei parallele Bestäubungsschichten und wenn dieser wechselnde Vorgang sich mehrfach wiederholte, so findet man Bergkrystalle mit 3, 4 und mehr solchen Schichtenfolgen des feinen Chloritstaubes, wodurch unzweifelhaft der Beweis geliefert ist, dass diese Krystalle sich allmählich vergrösserten, während durch die Chloritbestäubung Pausen des Wachsthumes bezeichnet sind. Die Befähigung der Krystalle weiter zu wachsen, wenn neue Kieselsäure dazu kam, liegt un-

zweifelhaft in den Krystallen selbst und wurde nicht durch das auf der Oberfläche abgesetzte Chloritpulver aufgehoben. Durch diese Befähigung wurden die Krystalle grösser, wie sie auch grösser geworden wären, wenn keine Bestäubung eingetreten wäre, nur hätte man dann nicht die Pausen, den zeitweiligen Unterbruch des Wachsthumes wahrnehmen können.

Ein Seitenstück zu den beschriebenen Wachsthums-Erscheinungen an diesen Bergkrystallen bilden die mit dem Namen Kappenquarz benannten grossen Krystalle des weissen Quarzes von Schlackenwald in Böhmen, welche bei mangelnder Durchsichtigkeit die Wachsthumsverhältnisse nicht so zeigen, wie die erwähnten Bergkrystalle, welche aber doch auf eine ähnliche Bildung schliessen lassen, indem sie in Folge der Erschütterung durch einen leichten kurzen Schlag mit einem Hammer zeigen, dass derartige Schichten vorliegen. Es löst sich beim Anschlagen ein der äusseren Gestalt conformer Kern heraus, aus diesem ein zweiter und so mehrere Male fort. An der Oberfläche der so durch die Erschütterung trennbaren Kerne und Schaalen bemerkt man Glimmerschüppchen entsprechend den zarten Chloritschüppchen im Bergkrystall und man ersieht, dass der Vorgang des Wachsthums ein ähnlicher war. Auch die schönen, relativ grossen basisch begrenzten grünlichbraunen Vesuviankrystalle von Egg bei Christiansand in Norwegen, welche von Aussen nach Innen concentrisch-schalige Absonderung zeigen und leicht Hülle um Hülle ablösen lassen, weisen auf ähnliches Wachsthum mit Pausen des Fortwachsens hin.

Bei künstlich eingeleiteten Krystallisationen kann man zur Genüge derartige Bildungen erzielen z. B. bei Alaun und dasselbe wahrnehmen, dass Krystalle mit einer bestimmten Gestaltung wachsen, dass man durch ein pulverulentes Pigment die Oberfläche bestäuben kann, dass die vergrössernde von Aussen sich ansetzende gleichartige Substanz rundum den Krystallflächen entsprechende Schichten bildet und dass man durch zugeführtes pulverulentes Pigment nach der Vergrösserung bei weiterem Wachsthume ähnlich den beschriebenen Bergkrystallen die Bildung von Alaunkrystallen hervorrufen kann, die im Inneren wiederholt solche Schichten der vergrössernden Substanz erkennen lassen.

Bei den geschilderten mineralischen und nicht mineralischen Krystallen, an denen die den wachsenden Krystall vergrössernden Schichten gesehen werden können, weil dies die fremdartige interponirte Substanz ermöglicht, ist natürlich die fremde Substanz keine Bedingung des Wachsthums und der Ausbildung der gleichen Gestalt der grösser gewordenen Krystalle, sondern man sieht nur, dass die Krystalle, wenn gleichartige Substanz vorhanden ist, sich in der Weise vergrössern, dass sich rundum Schichten entsprechend der vorhandenen Gestalt absetzen, deren Absatz durch die Totalität des wachsenden Krystalles bedingt ist. Das Wachsthum würde auch ohne die interponirte fremdartige Substanz in gleicher Weise erfolgt sein und man kann sich vorstellen, dass die zuerst gebildeten Krystalle klein waren, durch Absatz gleichartiger Substanz in der vorhandenen Gestalt conformen Schichten wuchsen, dass das Wachsthum langsam oder schnell vor sich ging, die zuerst gebildeten Krystalle auch nach zeitlichen Unterbrechungen des Wachsthums wachsen.

Bei künstlich eingeleiteter Krystallisation erhält man daher von kleinen Krystallen ausgehend an Grösse verschiedene grössere Krystalle, wie auch bei Krystallen desselben Minerals in einem Drusenraume oder wenn solche in einer Gesteinsart eingewachsen sind, verschieden grosse neben einander vorkommen, welche in der Gestalt übereinstimmen.

Wäre die besprochene Art des Wachsthums die einzige, so hätte man immer vorauszusetzen, dass sich zuerst kleine Krystalle mit bestimmter Form gebildet haben und dass die Grössenunterschiede durch das Wachsthum erklärlich sind. Man hätte dann nur zu fragen, wie die kleinen den grossen zu Grunde liegenden Krystalle entstanden sind, wie sie sich in bestimmter Gestalt bildeten.

Es zeigen sich aber auch noch andere mit dem Wachsthum zusammenhängende Erscheinungen bezüglich der Form, die sehr mannigfaltig sind. So z. B. findet man Calcitkrystalle, welche die Combination $\infty R \cdot \frac{1}{2}R'$ darstellen und in denen als Kern ein Krystall vorhanden ist, welcher das spitze Skalenoeder R 3 darstellt. Bei der obigen Art des Wachsthums, wahrscheinlich der regelmässigsten, hätten Calcitkrystalle von der Gestalt R 3 durch Absatz gleichartiger Substanz in conformen Schichten nur grössere gleichgestaltete Krystalle ergeben können, die eingetretene Aenderung aber der Gestalt weist darauf hin, dass die Art des Absatzes neuer Substanz in anderer Weise erfolgt sein muss. Im Zusammenhange damit beobachtet man z. B. dass in Barytkrystallen der Gestalt $\infty \breve{P}2 \cdot \infty \breve{P}\infty \cdot \breve{P}\infty$ ein Kernkrystall der Gestalt $\infty \breve{P}\infty \cdot \bar{P}\infty$ enthalten ist, dass also die zum Wachsthum beitragende Barytsubstanz in anderer Weise als in conformen Schichten um die rhombische Tafel $\infty \breve{P}\infty \cdot \bar{P}\infty$ sich absetzen musste, um den grösser gewordenen Krystall der Gestalt $\infty \breve{P}2 \cdot \infty \breve{P}\infty \cdot \breve{P}\infty$ darzustellen. Immerhin findet man auch anderwärts grosse rhombische Tafeln der Gestalt $\infty \breve{P}\infty \cdot \bar{P}\infty$, welche deutlich erkennen lassen, das sie durch das Wachsthum kleiner solcher Tafeln entstanden sind, indem sich die vergrössernde Substanz conforme Schichten bildend um die kleineren Krystalle absetzte.

Aus dem Gesagten geht hervor, was noch durch weitere Beispiele erhärtet werden könnte, dass kleine Krystalle in bestimmter Gestalt durch das Wachsthum grösser geworden sind, wenn die zum Wachsthum nöthige gleichartige Substanz vorhanden war, und dass die Gestalt entweder dieselbe blieb oder dass sie sich änderte, dass aber immer die wachsenden Krystalle die Befähigung enthalten, die vergrössernde Substanz an sich zu ziehen und deren kleinsten Massentheile so zu ordnen, dass entweder der durch das Wachsthum grösser gewordene Krystall dieselbe Gestalt zeigt oder eine andere, welche mit der ursprünglichen in krystallographischem Zusammenhange steht. Die Hauptsache aber, wie sie grösser werden und eine bestimmte Gestaltung annehmen, wird nicht erklärt. Man muss, um dies zu erklären, nothwendig auf die Entstehung der Krystalle zurückkommen.

Die organisirten natürlichen Individuen, die Thiere und Pflanzen lassen auch das Wachsthum beobachten, welches jedoch, wie oben bemerkt wurde, insofern ein verschiedenes ist, als die Thiere und Pflanzen Substanzen als Nahrung aufnehmen und in Folge der substantiellen Veränderung derselben in ihnen von innen nach aussen wachsen, auch bei ihnen ist die Frage der Entstehung die wichtigste, und wenn daher auch bei den Krystallen nach der Entstehung gefragt werden muss, so wäre die Lösung der Frage in dem Sinne eher als eine mögliche zu bezeichnen, weil die Substanz der entstehenden und entstandenen Krystalle einer Art dieselbe ist. Bei Thieren und Pflanzen wechselt die Substanz beständig, bei den Krystallen derselben Art bleibt sie wenigstens dieselbe.

Wenn daher eine bestimmte Substanz vorhanden ist und krystallisirt, die entstandenen Krystalle durch Wachsthum grösser werden, so haben wir es immer mit derselben Substanz zu thun und es frägt sich nur, ob man die Entstehung der Krystalle einer bestimmten Substanz beobachten könne, ob man beobachten könne,

wie die bestimmte Substanz ihre Krystalle von bestimmter Gestalt bildet. Dies ist bis jetzt nicht möglich gewesen. Es kann daher nur von Hypothesen die Rede sein, die soviel als möglich den Erscheinungen entsprechen sollen.

Früher wurden für die Entstehung und das Wachsthum der Krystalle sogenannte dynamische und atomistische Theorien aufgestellt und da gegenwärtig für die Chemie allgemein die Atomtheorie geltend ist, so soll hier namentlich auf diese Rücksicht genommen werden, zumal durch die Annahme einer eigenen Kraft, der Krystallisationskraft wenig erklärt wird.

Nach der atomistischen Ansicht, welche für die Krystallbildung von René Juste Hauy von seinem Essai d'une théorie sur la structure des cristaux (1784) an mit grossem Scharfsinne ausgebildet wurde, zeigt sich, dass in Folge der Spaltbarkeit der Krystalle solche als aus unendlich kleinen materiellen gleichen Theilen zusammengesetzt angesehen werden können. Ergiebt z. B. ein Krystall des Galenit, Pb S, in Folge seiner vollkommenen Spaltbarkeit parallel den Flächen des Hexaeders hexaedrische Spaltungsstücke, so kann man dieselben durch weitere Zerkleinerung bis zu solcher Kleinheit sichtbar machen, dass sie nur noch mit Hilfe des Mikroskopes sichtbar sind. Da aber diese mechanische Zerkleinerung thatsächlich für unser Auge ein Ende erreicht und man sich nur vorstellen kann, dass eine noch weiter gehende Zerkleinerung zu immer kleineren hexaedrischen Spaltungsstücken führen würde, dabei aber die Zerkleinerung nicht so weit fortgesetzt gedacht werden kann, bis man die Atome des Blei und des Schwefels erreicht, so nahm Hauy an, dass die kleinsten materiellen gleichen Theile des Galenit als hexaedrisch gestaltete, von gleicher Grösse wären und dass man diese sich nicht mehr als hexaedrisch spaltbare Körperchen vorstellen könne, sondern dass aus solchen jeder Galenitkrystall zusammengesetzt sei.

Diese kleinsten materiell gleichen gleichgrossen hexaedrisch gestalteten Massentheilchen nannte er integrirende Molecule *(molécules intégrantes)* im Gegensatz zu chemischen Moleculen. Diese integrirenden Molecule, kürzer Krystallmolecule genannt, lassen sich mechanisch nicht mehr theilbar denken, sondern bestehen aus den Atomen des Blei und des Schwefels, aus chemischen Moleculen Pb S, den elementaren Moleculen *(molécules élémentaires)*, wobei eine gewisse Anzahl solcher chemischer Molecule Pb S in bestimmter Anordnung die Krystallmolecule bildet, so dass alle Krystallmolecule, alle integrirenden Molecule desselben Krystalles oder aller Krystalle derselben Art vollständig identische mechanische Körpertheilchen sind.

In gleicher Weise würde z. B. das Steinsalz, Na Cl, in Folge seiner hexaedrischen Spaltbarkeit auf hexaedrische Krystallmolecule führen, die aus chemischen Moleculen Na Cl bestehen, und solche in gleicher Anzahl und Anordnung in jedem Krystallmolecule enthalten. Bei anderen Species führen die Spaltungsflächen zu anderen Gestalten der Krystallmolecule, bei dem Calcit z. B. zu rhomboedrischen entprechend der Grundgestalt R des Calcit, die aus chemischen Moleculen $CaO \cdot CO_2$ oder $CaCO_3$ zusammengesetzt sind, in der zur Bildung der rhomboedrischen Krystallmolecule nöthigen Anzahl und Anordnung.

Durch diese Auffassungsweise des materiellen und chemischen Bestandes der Krystalle geleitet würde man annehmen müssen, dass bei der Anwesenheit gewisser Stoffe, elementarer, oder solcher, welche chemische Verbindungen darstellen, in gasigem oder tropfbarem Zustande, beim Festwerden sich amorphe Massen oder Krystalle bilden. Dass bei dem Festwerden gewisser Stoffe sich auch krystallinische Massen bilden können, ist selbstverständlich, doch ist von diesen

hier noch nicht die Rede, weil sie aus Krystallen unvollkommener Ausbildung zusammengesetzt sind, die Bildung solcher Krystalle der Bildung vollkommener Krystalle untergeordnet ist.

Die Entstehung der Krystalle bei dem Festwerden gasiger oder tropfbarer Substanzen erfordert also zunächst die Bildung von Krystallmoleculen. Diese sind bei derselben Species, wie bereits angegeben wurde, gleichgrosse und gleichgestaltete Körperchen, welche eine gleiche Anzahl gleicher chemischer Molecule enthalten und die in ihnen enthaltenen Atome gleicher Zahl in bestimmter, gegenseitiger Lage erfordern.

Es würden sich somit bei dem Beginn der Krystallisation die vorhandenen, zu chemischen Moleculen verbundenen Atome, beziehungsweise die chemischen Molecule bestimmt gruppiren müssen, um so zuerst die Krystallmolecule zu bilden. Die Bildung aber solcher Krystallmolecule bei dem Festwerden gasiger oder tropfbarer Substanzen in Folge von Temperaturabnahme kann man nicht beobachten, weil die Atome selbst zu klein sind, um gesehen werden zu können. Man ist nämlich in Betreff ihrer Grösse bis jetzt zu dem Schlusse gelangt, dass sie nicht kleiner sein können, als der fünfzigmillionste Theil eines Millimeters. Auch über ihre Gestalt ist nichts bekannt, sondern man kann nur mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass sie Kugelgestalt haben.

In den chemischen Moleculen, selbst bei elementaren Körpern ist immer eine bestimmte Anzahl von Atomen vorhanden und wenn dieselben sich zu Krystallmoleculen vereinigen, so müssen die Atome sich so gruppiren, dass dadurch die Krystallmolecule ihre bestimmte Gestalt erhalten, die Atome in ihnen eine gewisse Gleichgewichtslage annehmen, wodurch die Stabilität der Krystallmolecule hervorgerufen wird, unter allen Umständen die Krystallmolecule gleichgrosse und gleichgestaltete Körper werden, deren Atominhalt derselbe ist.

Wie die Atome sich zu chemischen Moleculen gruppiren, ist hier nicht zu erörtern, dies fällt in das Gebiet der Chemie, den Ausgangspunkt der Krystallbildung bilden die Krystallmolecule, die sich weiter untereinander gruppiren und zwar in Folge der Anziehungskraft. Die durch diese Gruppirung entstehenden Krystallgestalten stehen dann in nothwendigem Zusammenhange mit der Gestalt der Krystallmolecule. Will man daher von einer Krystallisationskraft sprechen, wie besonders früher eine solche angenommen wurde, so kann man sie nur als eine durch die Gestalt der Krystallmolecule beeinflusste und modificirte Anziehungskraft auffassen.

Hauy hatte durch seine Betrachtungen unter Annahme der Krystallmolecule (der integrirenden Molecule, *molécules intégrantes)* gezeigt, wie man sich den Aufbau der Krystalle durch die Krystallmolecule im Zusammenhange mit der erlangten Gestalt der Krystalle vorstellen könne. Hierbei soll jedoch nicht behauptet werden, dass bei den verschiedenen Species die von Hauy angenommenen Gestalten der Krystallmolecule wirklich so angenommen werden müssen, sowie dass aus den Spaltungsrichtungen der Krystalle allein die Gestalt der Krystallmolecule zu erschliessen sei, insofern die Spaltungsrichtungen nicht allein durch die Gestalt der Krystallmolecule bedingt werden, sondern diese auch durch die besondere Gruppirung der Krystallmolecule bedingt werden können oder durch gewisse besondere Verhältnisse beeinflusst werden, wie dies die sogen. Schlagfiguren und die Gleitflächen zeigen. Die Hauptsache ist, dass man gewissermaassen nur berechtigt ist, bei derselben Species in allen Stücken gleiche Krystallmolecule anzunehmen, durch deren Vereinigung in Folge der durch die Gestalt

der Krystallmolecule modificirte Anziehungskraft sich die Krystalle aufbauen und ihre Gestalten erlangen. So kann man, wenn man nicht allgemein annimmt, dass die Spaltungsrichtungen allein die Gestalten der Krystallmolecule bedingen, bei einer tesseralen Species, wie z. B. bei Magnetit annehmen, dass die Krystallmolecule desselben entweder oktaedrische oder hexaedrische Gestalt haben, immerhin aber dieselben Atome gleicher Anzahl enthalten.

Der Magnetit ist durch die chemischen Molecule FeO und Fe_2O_3 gebildet, wie die Formel $FeO \cdot Fe_2O_3$ anzeigt oder durch die chemischen Molecule Fe_3O_4. Wenn man sich nun vorstellt, dass in einem Krystallmolecule des Magnetit doppelt soviel Atome enthalten sind $2(FeO \cdot Fe_2O_3)$, oder $2(Fe_3O_4)$, so können die Krystallmolecule hexaedrisch oder oktaedrisch gestaltet sein. Sie würden hexaedrisch gestaltet sein, wenn die 8 Sauerstoffatome eine den acht Ecken eines Hexaeders entsprechende Lage hätten, so selbst schon ein Hexaeder darstellen würden, und dass die einzelnen Eisenatome so zwischen je 4 Sauerstoffatomen, die den Hexaederflächen entsprechen, liegen, dass die Eisenatome den Mittelpunkten der Hexaederflächen entsprächen; so hätte das Krystallmolecul hexaedrische Gestalt.

Würde man aber sich vorstellen, dass die 6 Eisenatome den 6 Ecken des Oktaeders entsprechen und dass zwischen je 3 Eisenatome, die der Oktaederfläche entsprechen, je ein Sauerstoffatom, dem Mittelpunkt der Oktaederfläche entsprechend zwischengelagert wäre, so hätte das Krystallmolecul oktaedrische Gestalt. In beiden Fällen enthalten die einzelnen Krystallmolecule 6 Eisenatome und 8 Sauerstoffatome, deren relative gegenseitige Stellung aber zu hexaedrischer oder oktaedrischer Gestalt der Krystallmolecule des Magnetit führen würde. Welche Gestalt nun theoretisch den Vorzug hätte, darüber würde die Vorstellung über den Aufbau der Krystalle durch so oder so gestaltete Krystallmolecule entscheiden müssen.

Bei der Krystallisation einer gasigen oder tropfbaren Substanz bilden sich aber immer zuerst die Krystallmolecule und diese gruppiren sich weiter, wodurch die gleichzeitig oder nach einander sich bildenden Krystalle einer bestimmten Substanz entstehen, indem bei dem Festwerden sich gleichzeitig oder nach und nach die Krystallmolecule gestalten und um einzelne derselben die weitere Gruppirung beginnt, wodurch mehrere oder sehr viele Krystalle derselben Gestalt und verschiedener Grösse entstehen, ja selbst bei gleichzeitig entstandenen die erlangte Krystallgestalt kleine Unterschiede zeigen kann. In der Regel aber zeigen die so gleichzeitig und an einem Orte unter gleichen Bedingungen entstandenen Krystalle gleiche Form. So z. B. entstehen bei der Zersetzung des Smaltit $CoAs_2$, wenn derselbe im Glasrohre erhitzt wird, das entweichende Arsen sich mit Sauerstoff zu arseniger Säure As_2O_3 verbindet, als Sublimat sehr kleine farblose, glasglänzende, durchsichtige Oktaeder, die trotz ihrer Kleinheit doch schon Krystalle darstellen, die bei dem raschen Process ihrer Bildung aus gasiger arseniger Säure darauf hinweisen, dass die Gruppirung der entstandenen Krystallmolecule sehr rasch vor sich gegangen ist. Würden solche kleinen Krystalle sich als Mineral gebildet haben, so hätten sie sich unter günstigen Umständen auch vergrössern können. Auf eben so raschen Vorgang der Krystallbildung weisen die sehr kleinen Gypskrystalle hin, welche entstehen, wenn Calcit, $CaO \cdot CO_2$ durch Salzsäure zersetzt und zu der klaren Lösung des entstandenen Chlorcalcium tropfenweise Schwefelsäure zugesetzt wird. Auch in vielen anderen Fällen sieht man, dass die Bildung der anfänglich sehr kleinen Krystalle mehr

oder weniger rasch erfolgt und man stets ausgebildete Krystalle erblicken kann, die sich sogar oft unter den Augen sichtlich vergrössern oder wachsen. Die Bildung aber der Krystallmolecule und ihre Vereinigung zu Krystallen kann man nicht wegen der ausserordentlichen Kleinheit der bezüglichen Objecte beobachten, dafür bedarf man einer Hypothese.

Bei dem Wachsthum der Krystalle oder bei ihrer Vergrösserung durch das Wachsthum nach ihrer Entstehung ist anzunehmen, dass die Krystallmolecule in Folge der durch die Gestalt derselben geregelte Anziehungskraft sich meist auf der ganzen Oberfläche der wachsenden Krystalle gleichmässig absetzen, wodurch vergrössernde Schichten entstehen, welche aus reihenförmig geordneten Krystallmoleculen zusammengesetzt sind. Hauy hat die Vorgänge solchen Wachsthums entwickelt und gezeigt, wie die wachsenden Krystalle die gleiche Gestalt oder durch gewisse Wechsel in der successiven Anlagerung der Krystallmolecule auch andere Gestalten zeigen können, als sie ursprünglich hatten. Haben z. B. die Krystallmolecule einer tesseralen Species hexaedrische Gestalt, so kann man sich ohne Schwierigkeit vorstellen, wie von einem solchen Krystallmolecule ausgehend sich Krystalle von hexaedrischer Gestalt bilden und mit Beibehaltung derselben Gestalt wachsen. Es würden sich an das hexaedrische Krystallmolecul entsprechend den 6 Hexaederflächen 6 solche Krystallmolecule anlegen, Fläche an Fläche und in die Lücken würden sich weitere Molecule in paralleler Stellung einschieben, wodurch der erste entstandene hexaedrische Krystall aus 27 Moleculen bestände. Setzen sich weiter auf diesen hexaedrischen Krystall, dessen Hexaederflächen 9 Molecule enthalten, wieder je 9 Molecule in gleicher Stellung ab und werden wieder die Lücken durch sich einschiebende Molecule ausgefüllt, so würde der so durch die Vergrösserung gebildete nächstgrössere Krystall aus 125 Moleculen zusammengesetzt sein, der nächstgrössere aus 343 u. s. f. wenn das Wachsthum rundum in regelmässiger Weise sich fortsetzte, und es würde dabei nur die durch die hexaedrische Gestalt der Krystallmolecule beeinflusste Anziehungskraft in dieser Weise die Vergrösserung, das Wachsthum der Krystalle bedingen.

Eine solche theoretisch in jeder Beziehung gleichmässige Vergrösserung erzeugt immer wieder dieselbe Gestalt, da aber äussere Störungen oder locale Hindernisse eintreten können, so werden durch diese rechtwinklich parallelepipedische Krystalle mit ungleicher Ausdehnung der Flächen entstehen, wie man dies häufig bei nebeneinander gebildeten Krystallen sieht, die aber immer als hexaedrische aufgefasst werden und deren Flächen in jeder Beziehung, nur nicht in der Grösse und Gestalt als gleichartige Flächen anzusehen sind. Die so nach und nach grösser werdenden Krystalle sind, wenn sie eingewachsen vorkommen, rundum ausgebildete Individuen, bei aufgewachsenen Krystallen kann nur das Wachsthum in den Richtungen stattfinden, welche einen freien Zutritt der zum Wachsthum beitragenden Krystallmolecule gestatten.

Würde dagegen ein irgend wie grosser als Hexaeder ausgebildeter Krystall, den man sich als theoretisch vollkommenen vorstellen muss, sich so vergrössern, dass auf jeder quadratisch gestalteten Hexaederfläche sich eine aus den hexaedrischen Krystallmoleculen bestehende Lage oder Schicht absetzte, welche als quadratische Tafel gedacht von der Dicke der hexaedrischen Molecule von den Hexaederkanten aus um eine Reihe Molecule kleiner wäre, so hätte diese Lage, wenn die darunter liegende Hexaederfläche durch n^2 Molecule gebildet ist und wobei, wie oben gezeigt wurde n eine ungerade Zahl ist, nur $(n-2)^2$ Krystallmolecule aufzuweisen (ein Gesetz der Decrescenz nach Hauy). Würde bei

weiterem Wachsthum das Gesetz der Decrescenz fortbestehen und würden sich die nach einander absetzenden Schichten nacheinander in der angegebenen Weise als kleiner werdende absetzen, so würde der so fortgesetzte quadratisch-pyramidale Aufbau auf den Hexaederflächen des nach diesem Gesetze der Decrescenz wachsenden Krystalles schliesslich das Rhombendodekaeder erzeugen, dessen vierkantige Ecken durch je ein hexaedrisches Molecul gebildet sind und dessen Flächen durch den treppenförmigen Aufbau parallel der kürzeren Diagonale der Rhombenflächen gebildet wären. Bei der ausserordentlichen Kleinheit aber der Atome und der durch sie gebildeten Krystallmolecule würde immerhin das Rhombendodekaeder als ebenflächige Gestalt dem Auge erscheinen, nur würde zunächst der Glanz der Flächen ∞ O ein etwas verschiedener sein müssen, wenn man ihn mit dem Glanze der Hexaederflächen vergleichen könnte, über denen der Aufbau stattfand.

Bei irgend einem Stillstande während eines solchen durch das Decrescenzgesetz bedingten Aufbaues würde der Krystall eine Combination des Hexaeders und Rhombendodekaeders oder umgekehrt zeigen und es würden dann die beiderlei Flächen der Combinationsgestalt eine gewisse Differenz im Glanze zeigen. Auch die Spaltungsverhältnisse werden durch einen derartigen Aufbau beeinflusst werden. Bei anderen Decrescenzgesetzen werden andere tesserale Gestalten gebildet werden, jedoch wurde hier nur das eine angeführt, um zu zeigen, dass bei der Annahme solcher Decrescenzen bei der Anlagerung der die Krystalle vergrössernden Krystallmolecule verschiedene Gestalten erklärlich sind. Immerhin aber darf man nicht ausser Acht lassen, dass, so interessant auch die Decrescenzgesetze sind, sie nicht begründet werden können und nur die Vermuthung nahe liegt, dass äussere Umstände sie bedingen möchten, weil sie nicht durch die Krystallmolecule bedingt sind. Die Annahme dieser aber macht es möglich, dass durch ihre Gruppirung die Krystalle gebildet werden und ihre specifische Gestalt bedingt den geometrischen Zusammenhang aller Gestalten derselben Species.

Die Krystalle als unorganische natürliche Individuen werden, besonders die mineralischen, in sehr verschiedener Weise und bei vielen Species in sehr verschiedener Grösse, mikroskopisch klein bis zu sehr bedeutenden Grössen gefunden. Sie sind entweder eingewachsene und als solche rundum ausgebildet durch die Krystallflächen begrenzt, so dass man annehmen muss, dass diese von einem Krystallmolecul aus ihren Ursprung haben, ohne dass nothwendig dieses eine Molecul, der Ausgangspunkt des Krystalles zugleich der Mittelpunkt desselben ist, weil die Vergrösserung, das Wachsthum nicht immer gleichmässig vorschreiten kann. Die wachsenden Krystalle sind rundum von fremden Substanzen umgeben, welche verhindern, dass sie um den Mittelpunkt herum sich gleichmässig vergrössern. Diese überall sichtbare unregelmässige Vergrösserung hindert aber nicht, dass man sich die Krystallgestalt in ihrer Totalität so vorstellt, wie sie bei ungestörter regelmässiger Ausbildung hätte werden können, wie in der Krystallographie dieselbe aufgefasst wird.

Bei den Krystallen, welche als aufgewachsene gefunden werden, bei denen auch jeder Krystall von einem Krystallmolecul aus sich zu bilden anfängt, kann der Aufbau nicht ringsum um dasselbe stattfinden, weil die Ansatzstelle das erste örtliche Hinderniss bildet. Sie können sich daher nur nach gewissen Richtungen hin ausbilden und vergrössern und auch bei dieser Vergrösserung finden sich noch weitere Störungen durch fremde Substanzen, zunächst durch die

gleichzeitig oder nacheinander an einem Orte entstandenen aufgewachsenen Krystalle derselben Art, sodass dieselben mit derselben Unregelmässigkeit in der relativen Grösse der Flächen wachsen, welche gleiche sein sollten.

Bei beiden Arten aber des Vorkommens von Krystallen wird die Vergrösserung, das Wachsthum in derselben Weise vor sich gehen, es werden sich die gleichen Krystallmolecule um das als Ausgangspunkt dienende Krystallmolecul oder um die zuerst ausgebildeten Krystalle in paralleler Stellung um- und nebeneinander anlagern und die Krystalle werden Gestalten zeigen, welche dem System nach und in den Achsenverhältnissen durch die Krystallmolecule bedingt sind. In diesen erscheint beides durch die Anordnung der Atome in den Krystallmoleculen vorgeschrieben, während die Ausbildung der Krystallflächen von der Anordnung der Molecule abhängig ist. Es können daher die zuerst gebildeten Krystalle bei dem Wachsthum die Form behalten, welche sie hatten oder es können sich die Gestalten ändern, wenn die äusseren Umstände einen solchen Wechsel bedingen, immerhin aber müssen sie solche sein, welche in dasselbe Krystallsystem gehören und auf dieselbe Grundgestalt zurückzuführen sind, weil in den Krystallmoleculen die Achsenverhältnisse der Grundgestalt enthalten sind, wenn auch nicht die Krystallmolecule die für die Ableitung anzunehmende Grundgestalt darstellen.

Die eingewachsenen oder die aufgewachsenen Krystalle erscheinen aber nicht immer als einzelne Krystalle, sondern sie können auch Zwillinge bis Viellinge oder die verschiedenartigsten Gruppen bilden und es wachsen dabei die Individuen in derselben Weise, wie einzeln vorkommende Krystalle, nur wird durch die Hindernisse, welche die verzwillingten oder gruppirten Individuen einander bereiten, das Wachsthum in gewissen Richtungen ein ungleichmässiges sein. Die Gesetze aber der Zwillingsbildung, so genau dieselben auch mathematisch ausgedrückt werden können, lassen sich bis jetzt nicht erklären.

Entstehen aber endlich viele Krystalle unter denselben Verhältnissen nebeneinander, wie z. B. bei der Krystallisation einer in einem Medium z. B. Wasser aufgelösten Substanz, so werden bei demselben Vorgange der Bildung der Krystallmolecule und der Krystalle die vielen bis unzählbaren entstandenen Krystalle weder eingewachsene noch aufgewachsene bilden, sondern es entstehen krystallinische Aggregate, d. h. Krystallaggregate, in denen jedes Individuum in gleicher Weise unvollständig ausgebildet ist, weil die bestimmte Gestaltung durch die umgebenden Individuen gehindert wurde. Die zuerst gebildeten Krystalle entstanden und vergrösserten sich unfehlbar in derselben Weise, wie dies bei einzeln eingewachsenen oder bei aufgewachsenen Krystallen vor sich geht, nur wird durch die gegenseitige räumliche Beschränkung nach und nach die bestimmte Gestaltung immer mehr verhindert. Daher finden wir krystallinische Aggregate derselben Species, z. B. des Quarzes, in denen noch die miteinander verwachsenen Krystalle gestaltlich bestimmbar sind, wie bei manchem rothen und gelben Eisenkiesel, und Krystallaggregate bilden oder solche, bei denen einzelne der verwachsenen Individuen bestimmte Gestalt an einzelnen Stellen derselben zeigen, andere nicht, drusigkörnige Aggregate gebildet werden. oder endlich solche, bei denen alle Individuen des Aggregates unbestimmt eckige Körner sind, wie im Quarzit, dem krystallinisch-körnigen Quarz, der als Quarzfels oder Quarzschiefer vorkommt. Auch finden sich krystallinische Aggregate, an deren Oberfläche Krystalle derselben Art gebildet sind, weil dort keine allseitige Beschränkung der Krystallbildung entgegen stand.

Bei krystallinischen Aggregaten können auch in der Ausbildung der verwachsenen Individuen, die von ihrer Entstehung an bis auf einen gewissen Grad durch Wachsthum grösser werden, besonders örtliche Verhältnisse nach gewissen Richtungen eine einseitige Ausbildung bedingen, wie sie an Krystallen beobachtet wird. Es entstehen z. B. bei tesseralen Species wie Pyrit in einer Richtung langgestreckte Krystalle, wenn die Vergrösserung durch das Wachsthum nur in einer Richtung eintrat, und es können auch bei tesseralen Species parallelfaserige bis stenglige Aggregate vorkommen, wie bei Steinsalz, wenn diese Ausfüllungen von Klüften bilden. Man ersieht nur hieraus, dass die Annahme des Wachsthums durch den Ansatz von Krystallmoleculen derselben Art überall zu ähnlicher Ausbildung führt, gleichviel ob die Individuen deutlich ausgebildete Flächen zeigen oder die Ausbildung bestimmter Krystallgestalten irgendwie verhindert wird.

Bei den verschiedenen Arten des Vorkommens der Krystalle, von den vollkommensten an bis zu den unvollkommensten kann man auch beobachten, dass Krystalle verschiedener Species nebeneinander entstehen und wachsen und dass selbst Krystalle einer Art Krystalle einer anderen Art, selbst mehrerer Arten oder fremdartige Substanzen überhaupt eingewachsen enthalten, was mit der angenommenen Art des Wachsthums nicht in Widerspruch steht. Solche Einschlüsse sind in den Krystallen ein örtliches Hinderniss, wodurch die Krystallmolecule der gleichartigen zum Wachsthum beitragenden Substanz sich nicht an diesen Stellen absetzen konnten. Da es sich aber wesentlich bei dem Wachsthum nur darum handelt, dass die Krystallmolecule derselben Substanz von dem wachsenden Krystalle angezogen und zum weiteren Aufbau verwendet werden, so können sich die Krystalle trotz solcher Hindernisse vergrössern, selbst wenn diese reichlich vorhanden sind, wie z. B. bei den mit Quarzsand erfüllten Gypskrystallen aus der Wüste Sahara.

Zu solchen fremdartigen Substanzen gehören auch die Krystallmolecule isomorpher Stoffe, welche man wegen ihrer Kleinheit nicht als Einschlüsse beobachten kann, welche dagegen durch die Analyse gefunden werden. Solche isomorphe Krystallmolecule fügen sich als isomorphe in den Krystallaufbau gewisser Substanzen ohne besondere Störung desselben ein und tragen so zur Vergrösserung der Krystalle bei. Nur wenn sie in grösserer Menge vorhanden sind, können sie auf die Kantenwinkel einen Einfluss ausüben, wie man z. B. an Calcitkrystallen, welche kohlensaure Magnesia enthalten oder an Pyromorphitkrystallen, welche Arsensäure enthalten, finden kann.

Bei gleichzeitig krystallisirenden Substanzen verschiedener Art kann auch der Fall vorkommen, dass in wachsenden Krystallen einer Art Krystalle einer anderen Art als Einschlüsse vorkommen, welche durch den regelmässigen Aufbau jener in einer bestimmten Stellung eingefügt erscheinen, wie die linearen Rutilkrystalle in tafelartigen Hämatitkrystallen, wodurch der Beweis geliefert wird, dass die durch die in Folge der bestimmten Gestalt der Krystallmolecule modificirte Anziehungskraft bei dem Wachsen der Hämatitkrystalle den wachsenden Rutilkrystallen eine bestimmte Richtung anwies.

Aus allen angegebenen Wachsthumverhältnissen ersieht man, dass die bei der atomistischen Ansicht hypothetisch angenommene Bildung der Krystallmolecule, die Entstehung der Krystalle durch die geregelte Gruppirung der Krystallmolecule und das Wachthum der Krystalle bei weiterer Aufnahme von Krystallmoleculen derselben Art nicht unwahrscheinlich ist, dass die Krystalle wachsen, wenn gleichartige Substanz vorhanden ist und dass das bei Mangel an solcher

Substanz unterbrochene Wachsthum von Neuem eintreten kann, wenn neue Substanz dazu kommt, weil in den Krystallen selbst die Bedingung des Wachsthums liegt. Die Ausbildung aber verschiedener Krystallgestalten bei Individuen derselben Species, verschiedener einfacher oder der mannigfaltigen Combinationen lässt sich zur Zeit noch nicht erklären, wenn auch in vielen Fällen die künstlich eingeleitete Krystallisation nicht mineralischer Substanzen zeigt, dass meist fremdartige Stoffe darauf einen Einfluss ausüben. Auch die äusserst interessante Zwillingsbildung lässt sich noch nicht erklären. Immerhin aber zeigt das Vorkommen der Krystalle, dass in der Regel unter gleichen Umständen gebildete Krystalle eine nahe oder gänzliche Uebereinstimmung in der Gestaltung zeigen und dass in dieser Beziehung die Paragenesis der Minerale noch Manches zur eventuellen Erklärung beitragen kann. Auch die Ausbildung bestimmter Gestalten bei Mineralen, welche in derselben Gesteinsart an verschiedenen Fundorten vorkommen, zeigt, dass in den meisten Fällen die verschiedene Gestaltung an Krystallen derselben Art von für sie äusseren Verhältnissen abhängig ist.

Auch der Isomorphismus spricht für die Wahrscheinlichkeit der angedeuteten Theorie, dass die bestimmte Gruppirung der Atome in den Krystallmoleculen anzunehmen ist, sowie der Dimorphismus oder Polymorphismus zeigt, dass dieselbe Substanz, von elementaren Stoffen an bis zu complicirten Verbindungen verschiedene Krystallisation finden lassen kann, wenn durch dieselben Atome gestaltlich verschiedene Krystallmolecule durch eine andere Anordnung der Atome gebildet werden.

Da aber zur Krystallisation gasiger oder tropfbarer Substanzen, zur Bildung der Krystallmolecule und zur Entstehung der Krystalle der gasige oder tropfbare Zustand anzunehmen ist, das weitere Wachsthum entstandener Krystalle die Zufuhr derselben Substanz in gasigem oder tropfbarem Zustande erfordert, so ist schliesslich noch zu bemerken, dass die Bildung von Krystallmoleculen auch eintreten kann, ohne dass die bezügliche Substanz gasig oder tropfbar ist. Dies zeigt sich bei der seltenen Erscheinung der sogen. Paramorphosen (s. pag. 97), zu deren Erklärung man anzunehmen gezwungen ist, dass die Anordnung der Atome in den vorhandenen Krystallmoleculen sich ändert, ohne dass die vorhandene Substanz gasig oder tropfbar geworden ist. Der Uebergang des klinorhombisch krystallisirten Schwefels in die orthorhombische Modification des Schwefels, die lange bekannte Paramorphose des Calcit nach Aragonit und die des Disthen nach Andalusit dienen als Beispiele, denen sich jetzt der Leucit anreiht, dessen ursprünglich tesseralen Krystalle nicht allein in Folge von Temperaturabnahme durch Differenzirung der Achsen, also nothwendig durch Aenderung der Krystallmolecule orthorhombische Combinationen darstellen, sondern sogar vielfach verzwillingt sind. Hierdurch wird auch angedeutet, dass die Zwillingsbildung unmittelbar mit dem Beginne der Gruppirung der Krystallmolecule Hand in Hand geht.

Wanderungen der Pflanzen und Thiere im Verlaufe der geologischen Epochen

von

Dr. Friedrich Rolle.

Schon frühe erregte es die lebhafte Aufmerksamkeit der älteren Geologen, dass in Sibirien und in den gemässigten Zonen von Europa Reste von Elephanten und Nashörnern in oberflächlichen Bodenschichten fossil erhalten vorkommen, während heutzutage ihre nächsten Verwandten die warmen Regionen von Ost-Indien und andere tropische Länder bewohnen.

Der grosse französche Naturforscher BUFFON nahm in seinen Epoques de la nature 1778 vom Erdkörper an, dass er eine ursprünglich glühendheisse Masse war und sich im Verlaufe langer Zeiträume allmählich bis zum heutigen Stande der Dinge abkühlte. Der Mehrbetrag der Wärme im Umkreis des Nordpols in jener Zeit, als Elephanten und Nashörner noch in Sibirien, Elephanten und Mastodonten in Nord-Amerika hausten, war nach seiner Ansicht der Rest der primitiven Temperatur der Erde. Er nimmt aber an, das er bereits nicht mehr so hoch sich belief, dass er dem heutigen Klima der warmen Regionen von Ost-Indien gleich gekommen wäre. Diese allmähliche Abkühlung des Klima's des circumpolaren Gebiets genügte schon, das Aussterben jener grossen Vierfüsser in Sibirien und in Nord-Amerika nach sich zu ziehen, während ihre Verwandten in wärmeren Breiten und unter dem Aequator sich fort zu erhalten vermochten.[1]) Folgerichtig nahm BUFFON auch an, es habe das organische Leben überhaupt in den Polar-Regionen angefangen und sei dann von da über die ganze Erdoberfläche ausgestrahlt. Diese Ansichten BUFFON's haben im Allgemeinen durch den neueren Entwicklungsgang der Geologie und Paläontologie eine Bestätigung erhalten.

Wie die Geologie uns zeigt, haben im Laufe der geologischen Epochen Meeresgebiet und Festland häufig gewechselt, wie es scheint, meist in häufigen sanften Oscillationen, deren Betrag wir zuweilen örtlich zu ermitteln im Stande sind, in anderen Fällen aber vielleicht auch in heftigeren Gegensätzen, deren Betrag und Verlauf wir nur wenig abzuschätzen vermögen. Vieles liegt hier noch im Dunkeln und man darf nie vergessen, dass der Ocean über $\frac{2}{3}$, wenn nicht $\frac{3}{4}$ der gesammten Erdoberfläche verdeckt.

Wir können zwar im Festland für grössere, bisweilen auch selbst für kleinere Gebiete, mit mehr oder weniger genügenden Gründen noch nachweisen, wann und wie oft dasselbe unter Meeresbedeckung gelangte. Anders aber ist es mit dem heutigen Meeresgebiete. Ehemalige ausgedehnte Festländer und Inseln können für die Dauer unter den Meeresspiegel eingesunken sein. Häufig müssen wir ein ehemaliges Festlandgebiet an Stellen annehmen, wo jetzt beträchtliche Meerestiefen liegen.

Mit dem Wechsel in der Vertheilung von Festland und Meer fand auch eine allmähliche Abkühlung der Erdrinde statt und durch die daraus hervorgehende Verschiedentlichung der Klimate hat dann weiterhin ein mannigfacher Wechsel in der Pflanzen- und Thierbevölkerung stattgefunden. Was mit der klimatischen Abkühlung nicht erlosch, wanderte aus — sei

[1]) A. d'ARCHIAC. Paléontologie stratigraphique. Tom I. Paris. 1864. pag. 317. 318.

es unter activer oder passiver Ortsbewegung. Dabei konnten dann fremde Pflanzen und Thiere in ein neues Festlandgebiet auf neu eröffneten Verbindungswegen — z. B. über neu aufgetauchte Isthmen — ihren Einzug halten. Auch im Meere konnte in Folge einer Abkühlung sowohl ein Erlöschen mancher Arten als eine zonenweise Verschiebung anderer statt haben.

Wir müssen aus zahlreichen Thatsachen der Geologie und der Paläontologie folgern, dass in den älteren Perioden — namentlich noch bis zur Trias-Epoche — von den Polen bis zum Aequator ein gleichmässig warmes Klima herrschte. Es beruhte dies darauf, dass die Erdwärme noch sehr hoch war und die Unterschiede in Folge ungleicher Sonnenbestrahlung keinen merklichen Betrag ausmachten. Von den Polen bis zum Aequator herrschte damals noch eine Flora und Fauna von entsprechend gleichmässigem Wärmebedürfniss und noch ohne alle Zonen-Verschiedentlichung.

Die Korallen des silurischen Meeres wucherten im Nordpolarkreis ebenso üppig wie heute in den tropischen Meeren und die baumartigen Kryptogamen der Steinkohlen-Epoche gediehen zusammen mit Araucarien sowohl im arktischen Gebiet als in niederen Breiten.

Die allmähliche, von den Polen gegen den Aequator vorschreitende Abkühlung des Erdkörpers und die dadurch hervorgebrachte Verschiedentlichung klimatischer Zonen setzte die in früheren Epochen wesentlich gleichförmig über alle Theile der Erdoberfläche verbreitete Pflanzen- und Thierbevölkerung in eine eigenthümliche im Ganzen meridiane, aber oft seitlich abgelenkte Bewegung. Die Abkühlung begann an den Polen und rückte von diesen aus gegen die äquatorialen Regionen vor, bis daraus das heutige zonenweise abgestufte Klima der Erdkugel hervorging.

Diese Aenderung der Klimate in den höheren und den mittleren Breiten hat offenbar auf die Gestaltung und Verbreitung der Pflanzen- und Thierwelt, namentlich aber die des Festlandes einen tiefgehenden Einfluss geübt.

Vor Allem tritt dieser deutlich im Verlaufe der tertiären Formationen und der darauf folgenden Eiszeit hervor. Arktische und antarktische Pflanzen und Thiere folgten soweit als die Bahn der Wanderung ihnen frei stand, dem sich vorschiebenden kühleren Klima. Vor ihnen zog eine ältere Flora und Fauna dem Aequator zu, sofern sie nicht in Folge einer Sperrung ihrer Bahn schon früher stille stand und ausstarb.

Diese Wanderung von Pflanzen und Thieren in Folge der polaren Abkühlung dauerte beiläufig von der Jura-Epoche an bis zum scheinbaren Stillstand des heutigen Zeitalters. Um den Aequator aber sammelten sich die fortlebenden Reste der ehemaligen Bevölkerungen höherer Breiten wie auf einer gemeinsamen von der hereinbrechenden Abkühlung noch unberührten Zufluchtsstätte wärmebedürftiger Organismen.

Eine ganze Reihe solcher Wanderungen der Pflanzen- und Thierwelt ist reichlich erwiesen für die Erstreckung vom Nordpol — oder mindestens dem ihn umgebenden Festlandgebiet — bis zum Aequator und darüber hinaus. Ueberhaupt hat sich der Nordpol als die Wiege eines bedeutenden Theils der neueren Lebewelt — zunächst der Dicotyledonen und der grösseren Hälfte der Säugethiere herausgestellt.

Während die nördliche Halbkugel über die zonenweise Verschiedentlichung des Klimas und die Wanderungen der Flora und der Fauna mannigfache Aufschlüsse ergeben hat, wissen wir in dieser Hinsicht aus dem antarktischen Ge-

biete noch fast nichts — und das fast vollständig vereiste Festland oder Inseln-Gebiet des Südpols wird wohl kaum je einen Einblick gewähren. Es müssen in diesem Gebiet ähnliche Vorgänge stattgefunden haben wie im Umkreis des Nordpols. Doch ist der Gegensatz beider Pole in der Continental-Gestaltung augenfällig und um den Südpol herum zeigt die Besetzung der Inseln und Festländer mit Pflanzen und Thieren nur wenig Eigenthümliches und vielleicht nichts, was einen ehemaligen Landzusammenhang bezeugen könnte. Selbst Neu-Holland und Neu-Seeland dürften niemals in Verbindung gestanden haben.

Wir beginnen mit den Wanderungen und Verschiebungen der Pflanzenwelt im Verlaufe der klimatischen Verschiedentlichung.

Zahlreiche Landpflanzen aus den älteren Formationen der höheren Breiten deuten auf deren ehedem wärmeres Klima und damit überhaupt auch auf eine in älteren Epochen wärmere Temperatur der gesammten Erdrinde.

In auffallender Weise gilt dies von den baumartigen Formen der Gefäss-Kryptogamen, namentlich den Equiseten, Lycopodiaceen und Farnen. Sie spielen hier eine Hauptrolle in der Landflora, besonders in der Steinkohlen-Epoche und im Rothliegenden, worauf sie allmählich in den Hintergrund treten. Baumfarnen finden sich heutzutage nur in der tropischen und der subtropischen Zone — 23° nördl. Br. (Mexiko) bis 46° südl. Br. (Neuseeland) besonders unter 18—21° mittlerer Jahrestemperatur. Sie verschwinden aus der Flora von Europa beiläufig mit Ende der Kreide-Epoche.

Die Cycadeen, heute ebenfalls meist von tropischer Verbreitung, spielen während der mesozoischen Periode neben den Nadelhölzern eine hervorragende Rolle und erweisen das damalige wärmere Klima. Sie nehmen nachmals an der Verschiebung vom Nordpol zum Aequator ähnlichen Antheil wie die Baumfarnen, wandern aber erst etwas später ganz aus. Ihr Vorrang verliert sich im Verlaufe der Kreide-Epoche. In Grönland finden sich in der Cenoman-Stufe unter 70° Br. noch Cycadeen. Die letzten Cycadeen erscheinen in Europa im Miocän, ebenso in Ost-Asien (Sachalin). Heute sind die Cycadeen auf der nördlichen Halbkugel bis zum 32 oder 33° nördl. Br. zurückgewichen.

Die Coniferen, die bereits im devonischen System mit Araucarien und *Aporoxylon* anheben, deuten ebenfalls auf ein wärmeres Klima während der älteren und mittleren Formationen. Sie lassen nachmals eine ganze Reihe von meridianen aus der Nordpolarregion ausgehenden Wanderungen erkennen, die zum Theil mit seltsam versprengten Abkömmlingen enden. So schliesst *Gingko (Salisburia)* eine schon in der Jura-Formation hervortretende Coniferen-Gattung, für Europa im oberen Miocän von Italien mit einer Art und dieser nahe verwandt lebt noch eine andere Art, die einzige noch übrige der Gattung, in China und Japan *(Gingko biloba* L.).

Etwas zahlreicher an lebenden Arten ist die geologisch sehr alte Gattung *Araucaria.* Sie mag beiläufig in der Jura-Epoche entstanden sein. Aber diese Arten sind weit versprengt und finden sich nur in den Tropen und in den gemässigten Zonen der südlichen Halbkugel (Brasilien, Chile, Australien). Sie haben alle den Aequator überschritten. Europa scheinen sie hauptsächlich mit Schluss der Kreide-Epoche — oder spätestens im Eocän — also im Ganzen in Gesellschaft der Baumfarnen und der Mehrzahl der Cycadeen verlassen zu haben. Aus der nördlichen Halbkugel sind die Araucarien heute vollständig verschwunden.

Im Gegensatz zu ihren geologisch uralten und mit wenigen weithin versprengten Arten ausgehenden Gattungen und Familien hat die Classe der Nadel-

hölzer auch eine jüngere in lebhafter Zunahme begriffene und mit zahlreichen Arten über grosse Festland-Gebiete verbreitete Familie. Es ist die der Abietineen mit der besonders artenreichen und noch zahlreiche Unterarten bietenden Gattung *Pinus,* die zugleich noch ein paar nahe verwandte Gattungen wie *Picea* und *Abies* zur Seite hat. Sie scheint sich vollkommener der klimatischen Abkühlung angepasst zu haben. Allem Anschein nach entstand sie in der Nordpolar-Region, beiläufig um die Kreide-Epoche oder noch etwas früher. Sie wurde aber nachmals fast in allen Meridianen aus derselben hinausgeschoben und bezeichnet jetzt vorzugsweise die gemässigten Klimate wie die Gebirge der wärmeren Zonen.

Unter den Monocotyledonen sind viele Familien, namentlich aber die baumartigen Formen, heute auf die Tropen und die subtropischen Zonen beschränkt. Von manchen ist nachzuweisen, dass sie in älteren geologischen Epochen höhere Breiten der nördlichen Halbkugel bewohnten und seither der polaren Abkühlung folgend, gegen den Aequator zurückwichen. Im Vordergrunde stehen die Palmen. Sie gehören dermalen bis auf wenige Arten (4%) der heissen Zone an. Fossil beginnen sie in sicheren Resten erst in der Kreide-Formation von Mittel- und Süd-Europa. In Lagern der Oligocän-Epoche sind sie in Deutschland noch unter 51—52° nördl. Br. nachgewiesen. Im oberen Miocän (Oeninger Schichten) erscheinen die letzten Palmen auf der Nordseite der Alpen. Jetzt sind sie bis auf die einzige Art *Chamaerops humilis* aus Europa verdrängt. Diese reicht in Spanien und Italien bis 41 und 44° nördl. Br. (Isotherme von 15° C.). Im Osten von Nord-Amerika fällt die nördliche Palmengrenze schon auf 34° Br. Die Palmen erfordern jetzt eine mittlere Jahrestemperatur von 15—30° C. Das eigentliche Palmenklima beläuft sich auf 25—30° C.

Die jurassische Festland-Flora — soweit man sie in die arktische Region zu verfolgen vermochte, Spitzbergen 78° 24' nördl. Br. ergiebt noch keinen Erweis von einer daselbst ausgedrückten Sonderung klimatischer Zonen.

Ausgesprochener ist in der Kreide-Epoche das durch die sich bereits mehr geltend machende Abkühlung bewirkte allmähliche Vorrücken der Dicotyledonen aus der Nordpolar-Region in die niedrigeren Breiten. Es sind vorzugsweise Vertreter der einhüllig blühenden *(Monochlamydeae).* Die ersten Dicotyledonen waren jedenfalls Arktiker. Ihr ältestes Document ist ein vereinzeltes Pappelblatt in der unteren Kreide-Formation in Grönland unter 70° 40' nördl. Br.

In Europa erscheinen die ersten Dicotyledonen plötzlich in der Mittelregion des Kreide-Systems (Cenoman-Stufe) — offenbar als eben eingetroffene Einwanderer aus der arktischen Region. Die von der rhätischen Stufe an bis dahin herrschende Flora war noch meist durch Coniferen, Cycadeen und Farnen vertreten, die im Allgemeinen auf feucht warme Niederungen — auch wohl Sumpf- und Strandlagunen — deuten. Ihnen mischen sich in der Mittelregion des Kreide-Systems — namentlich im Schieferthon von Niederschöna in Sachsen u. a. O. — die ersten mitteleuropäischen Funde von Dicotyledonen bei, wie Salicineen, Erlen, Crednerien, Acerineen, Laurineen u. s. w. Es sind Laubhölzer von theilweise trocknerem Standort, die das Binnenland und dessen Berge überzogen haben mögen und aus dem hohen Norden kamen. Dazu meldet G. de Saporta aus der Turon-Stufe von Le Beausset (Toulon 43° Br.) einen Vortrab der nach Süden rückenden Dicotyledonen-Flora, der auf ein damals hier herrschendes wärmeres Klima deuten kann.

Auf der amerikanischen Seite der nördlichen Halbkugel erscheint in der

Cenoman-Stufe von Grönland, Westküste 70° Br. eine pflanzenreiche Ablagerung, welche ausser Farnen, Cycadeen und Coniferen auch eine grössere Anzahl von Dicotyledonen lieferte, darunter Pappeln, Crednerien, Feigen, Magnolien u. s. w. Sie schliesst sich der gleichzeitigen Flora von Sachsen und Böhmen nahe an, doch sollen ihre Einzelheiten bereits eine vorgerücktere polare Abkühlung in Grönland 70° Br. als im sächsisch-böhmischen Gebiet unter 50—51° Br. andeuten.

In der oberen Region des Kreide-Systems, der Dacota-Group des Westens von Nord-Amerika, Rocky Mountains, erscheint gleichfalls eine reichliche Dicotyledonen-Flora. Unter ihr erkennt man eine Anzahl von Gattungen, die heute noch im wärmeren gemässigten Klima des östlichen Nord-Amerika lebend vertreten erscheinen, namentlich *Alnus, Fagus, Quercus, Salix, Magnolia, Platanus, Liriodendron, Liquidambar, Sassafras, Hedera* u. a. Eine Laubholzflora von vermittelndem Charakter muss offenbar während der tertiären Epochen in demselben Gebiet verbreitet gewesen sein. Mit Eintritt der nord-amerikanischen Kälte-Epoche erlitt sie eine weit gehende Verschiebung in den Süden bis zu der ihr angemessenen Klima-Zone und wanderte nach deren Ende allmählich in den Norden zurück. Hier fanden ihre Abkömmlinge schliesslich in dem mässigwarmen und feuchten Klima von Virginien, Maryland u. s. w. die letzte Zufluchtsstätte und da sitzen sie noch jetzt.

Nach diesem Allen sind die Dicotyledonen wesentlich nordpolarer Abkunft. Sie entstanden unter Einfluss der polaren Abkühlung im heute vereisten arktischen Gebiet und zwar zu Anfang der Kreide-Epoche, wenn nicht schon im Verlaufe der Jura-Epoche. Später rückten sie mit Verschiebung der Isothermen in die niederen Breiten, auch wohl über den Aequator hinaus. Unter diesen altarktischen Dicotyledonen treten namentlich Kätzchenblüthler *(Amentaceae)* und andere einhüllig blühende wie *Betula, Alnus, Corylus, Fagus, Castanea, Quercus, Juglans, Salix, Populus, Sassafras, Liriodendron, Tilia* und *Liquidambar* in den Vordergrund. Auch die nur aus der Kreide-Formation bekannte erloschene Gattung *Credneria* kann als nordpolaren Ursprungs gelten.

Andere Dicotyledonen verbleiben betreffs ihrer Ursprungsstätte einstweilen noch im Dunkeln. So die Casuarinen und die Piperaceen. Sie sind vielleicht Erzeugnisse der Tropen. Der Ursprung des grössten Theils der tropischen Dicotyledonen-Flora muss überhaupt noch als fraglich gelten.

In Europa vollzog sich im Verlaufe der tertiären Epochen eine ganze Reihe von Verschiebungen der Festlandflora, die offenbar nur von der Polar-Region ausgehen konnten und im Wesentlichen meridian verliefen. Ihre horizontale Bewegung verkündet sich, wo die pflanzenführenden Schichten über einander folgen, in vertikaler Projection.

Eine zahlreiche Menge circumpolar arktischer Gewächse schoben sich über Europa wie auch Asien hinaus, manche um die Tropen zu erreichen, später andere, um in der Mittelmeer-Region sich fest zu setzen.

So waren noch in der Miocän-Epoche die schon in der Kreide-Formation von Nord-Amerika vertretenen und damals muthmaasslich circumpolar verbreiteten Gattungen *Liquidambar, Liriodendron, Platanus* u. a. in der europäischen Flora vorhanden. Später erloschen sie in Europa, neuerdings hat man sie wieder eingebürgert.

Diese Wanderungen müssen centrifugal auf vielen Meridianen stattgefunden haben, endeten aber oft mit dem Untergange der Arten, zuweilen auch mit weit versprengten Ausläufern. So finden sich im wärmeren Asien Arten von *Liqui-*

dambar und *Platanus* lebend, aber hier ganz vereinzelt. Auf allen anderen Radien des Nordpols sind sie schon früher ausgegangen.

Noch in der miocänen Epoche waren Grönland und Spitzbergen, sowie überhaupt wohl alle noch jetzt vorhandenen Festlandstücke der Nordpolar-Region mit Wäldern von Eichen, Pappeln, Nussbäumen, sowie mancherlei Nadelhölzern, Tannen, Föhren, Taxodien, Sequoien u. s. w. bedeckt. Heute sitzen die Abkömmlinge dieser einst arktischen Waldbäume weiter nach Süden und die arktische Region ist jetzt fast ganz entwaldet. Die Verschiebung seit der Miocän-Epoche beträgt hier etwa 25—30 Breitengrade und noch mehr. Die nördliche Grenze der Taxodien und Sequoien fällt im heutigen Nord-Amerika etwa zwischen 35, 40 und 45° nördl. Br. *Taxodium distichum*, heute im östlichen Nord-Amerika bis zu 40° nördl. Br. reichend, erscheint in der Miocän-Epoche schon auf Grinnell-Land 82° nördl. Br. Diese Art erfordert heute eine mittlere Jahrestemperatur von 8° C. und eine Sommerwärme von etwa 15° C. In Europa starb sie im unteren Pliocän aus.

Mit dem Verlaufe der Pliocän-Epoche scheinen die klimatischen Zonen über Mittel-Europa — und überhaupt wohl in allen Festlandgebieten — sich schon beiläufig so weit vorgeschoben zu haben, wie sie es jetzt sind.

In der Festland-Flora der mittleren Breiten macht sich das Eintreffen einer Reihe von Arten geltend, die noch jetzt der jeweiligen Gegend angehören. Diese mögen aus der Nordpolar-Region mehr oder minder meridian vorgeschoben worden sein. Aber leider kennen wir aus dieser noch keine Pflanzen-Schichten von pliocänem Alter und wissen daher von dieser Flora nichts Näheres.

Die Flora der oberpliocänen Braunkohle von Dorheim (Wetterau, 50½° nördl. Br.) enthält schon eine gewisse Anzahl von Pflanzen-Arten, die solchen der heutigen Flora dieses Gebiets nahe entsprechen; dazu auch idente Arten, so die heutige alpine Krummholzkiefer, *Pinus mughus* Jacq. (*Pinus brevis* Ludw.). Damit kommen noch einige nordamerikanische Typen vor, namentlich *Magnolia*-Arten, die hier wohl für Mittel-Europa zum Erlöschen kamen. Einige andere Dorheimer Typen erscheinen jetzt im Landgebiet des Mittelmeeres. Das damalige Klima der Wetterau mag auf etwa 10 oder 12° C. im Mittel veranschlagt werden.

Aehnlich verhält sich die oberpliocäne Flora des Kalktuffs von Meximieux bei Lyon, 46° nördl. Br. Heutige nordamerikanische Gattungen erscheinen noch hier, wie *Magnolia*, *Liriodendron* und *Platanus*. Dazu kommen in der Flora von Meximieux Typen, die heute dem azorisch-canarischen Inselgebiet angehören, also während sie im Norden und am Mittelmeer erloschen, auf jenen Inseln eine Zufluchtsstätte fanden. So findet sich *Laurus canariensis* Webb. fossil zu Meximieux, lebend auf den Canaren, Madeira und den Azoren. *Oreodaphne Heeri* Gaud. findet sich fossil zu Meximieux. Dieselbe Gattung ist lebend noch auf Madeira und den Canaren vertreten, desgleichen in West-Indien.

Zwischen das obere Pliocän und das Forest-Bed oder untere Pleistocän von Norfolk fällt ein klimatischer Wechsel, der wohl mindestens ganz West-Europa betraf. Im letzteren erscheint eine Land-Flora, die von der pliocänen von Mittel-Europa sehr verschieden ist. Sie enthält nur heute noch lebende Arten.

Dieses Forest-Bed oder die Wald-Schichte besteht aus einem Lager von Dammerde und Torf mit Wurzelstöcken von Waldbäumen. Es sind die sogen. untermeerischen Waldungen, die sich an den Küsten von England und Frankreich, besonders in der Ebbezeit erreichen lassen und sich unter den heutigen Spiegel

der Nordsee hinabziehen. Die Flora des Forest-Bed ergiebt sich mit der heutigen von Mittel-Europa allen Arten nach bereits ident. Sie enthält namentlich die Föhre, *Pinus sylvestris* L., — die Rothtanne, *Pinus abies* L. (*Picea vulgaris* Lk.) und die Eibe, *Taxus baccata* L.

Gleich oberhalb vom Forest-Bed folgt eine Schicht mit dem Vortrab einer neuen Einwanderung — der glacial-arktischen mit *Salix polaris* Wah. und anderen glacialen Formen. Hiermit hat die Eiszeit für Mittel-Europa begonnen.

Die jüngste baumlose, aber an niederen Stauden reiche Glacial-Flora der arktischen Region mag meist pliocänen Ursprunges sein, aber pliocäne Pflanzenlager sind aus jenem Gebiet noch nicht bekannt geworden. Man erkennt sie erst im Verlauf ihrer vorübergehenden Verschiebung in Mittel-Europa.

Während der europäischen Glacial-Epoche drang diese jüngste arktische Flora weit nach Süden vor, namentlich bis zum Fuss der Alpen und des Himalaya. Sie konnte dabei auch besonders entstandene, damals in die Niederung herabsteigende Hochgebirgs-Floren erreichen und in sich aufnehmen. Sie zog sich nachmals mit wieder eintretender Milderung des Klima's theils auf die kühlen und feuchten Höhen der Gebirge, theils wieder zurück gegen die vereiste Polar-Gegend, aus der sie kam.

Die Torfmoore von Dänemark, Scandinavien u. a. O. haben reichlichen Aufschluss über die (in den über einander abgelagerten Torfschichten enthaltenen) nach einander eingetroffenen Holzpflanzen ergeben, welche während Abnahme der Vereisung aus Süd und S.-W. hier eingezogen (Bd. II. pag. 191). Die tiefste älteste Torfschicht unmittelbar über den letzten Glacial-Ablagerungen bezeichnen Reste der Espe, *Populus tremula*, zusammen mit eigentlichen Glacial-Pflanzen, namentlich arktischen Zwergweiden, wie *Salix herbacea* L., *S. polaris* Wah. u. a.

Die nächste Waldflora bildete die Föhre oder Kiefer, *Pinus sylvestris* Lin. Dann folgte die Einwanderung der beiden mitteleuropäischen Eichen (*Quercus sessiliflora* und *Qu. pedunculata*), denen zuletzt die Buche (*Fagus sylvatica*), die noch heute dort vorwiegend den Waldbestand bildet, nachgefolgt ist. Diese Wanderungen haben sich gewiss nur im Laufe mehrerer — wenn nicht vieler — Jahrtausende vollzogen.

Wie die glacialen Gewächse der untersten Torfschichten von Dänemark und Scandinavien seither mit dem Steigen des Klimas weiter in Nord und N.-O. und zugleich auch höher bergan gerückt sind, so haben sich auch die ehedem am Fusse der vereisten Alpen angesessenen Arten mit der seither eingetretenen klimatischen Milderung auf die kalten und feuchten Höhen dieses Gebirges zurückgezogen. So erscheinen in den Torfmooren der niederen Schweiz (Schwarzenbach u. a. O.), wo sie heute nicht mehr fortleben, unmittelbar über Glacial-Schichten Reste der Zwergbirke, *Betula nana* L. und einiger Zwergweiden wie *Salix retusa* L., auch der Gamshadach, *Azalea procumbens* L. Dies sind heutige hochalpine Arten. Sie leben höher oben im Gebirge in 2000 Meter Meereshöhe und darüber.

Zufolge dieser während und nach der Glacialzeit hin und her und auf und ab gehenden Wanderungen erscheint die Nordpolar-Flora so nahe verwandt und in so vielen Arten ident mit der Glacial-Flora der Alpen, der Karpathen und einiger anderer Hochgebirge der nördlichen Halbkugel. (Von den Phanerogamen Scandinaviens wiederholen sich etwa 80 % in den Alpen). Es können dabei auch

Austausche von Arten zwischen der Nordpolar-Region und den südlicheren Hochgebirgs-Floren stattgefunden haben. Es sind auch nicht alle alpinen zugleich glacial-arktische Einwanderer. Manche, wie die sogen. Alpenrose, *Rhododendron ferrugineum* L., fehlen der heutigen arktischen Flora. Man darf annehmen, dass diese im Verlaufe der pliocänen Epoche bereits die kalten Höhen der Alpen besiedelten, dann während der Uebergletscherung niederstiegen, endlich mit Milderung des Klima's wieder bergan wanderten.

Wir wenden uns zu den Wanderungen der Meeres-Fauna.

Für ehedem wärmere Temperatur der Meere in höheren Breiten sprechen neben vielen anderen Zeugen namentlich die felsbildenden Korallen. Sie sind heutzutage an eine mittlere Meerestemperatur von 25—30° C. gebunden. Sie finden diese Temperatur in den Tropen bis zu 30 und 40 Meter Tiefe. Darwin nimmt 20 Faden = 120 engl. Fuss, 36 Meter als gewönnliche grösste Tiefe, in der riffbauende Korallen noch gedeihen. Riffe sind am verbreitetsten von 28 nördl. Br. bis 28 südl. Br. An Florida, den Bahama's und Bermudas gehen sie ausnahmsweise bis 32° 51' nördl. Br.

Aehnliche Lebensbedingungen dürfen wir für ihre Vorgänger in den älteren Perioden annehmen.

Riffbauten von Korallen finden sich im Norden zuerst im oberen Silur-System von Gotland 57° nördl. Br. mit Cyathophyllen, Favositen u. s. w., die nur einem wärmeren Meere angehört haben können. (Sie zogen schon Linné's Aufmerksamkeit auf sich, Corallia Baltica 1745).

Die Korallenriff-Bildung in der oberen Kreide geht noch bis 55 und 56° nördl. Br. (Faxoe auf Seeland).

Im Miocän trifft man im Leithakalk von Steiermark, 47° nördl. Br., noch schwache Riffbauten, 1—2 Meter höchstens mächtig.

Die Ausbildung der klimatischen Zonen ging offenbar sehr allmählich vor sich und ihr erster Anfang in beiden Polarregionen ist überhaupt nicht zu ermitteln.

Gewisse Andeutungen des Einflusses der zunehmenden polaren Abkühlung glaubt man schon in der Meeresfauna der jurassischen Ablagerungen von Russland, Spitzbergen und Grönland zu erkennen. Hier fehlen gewisse Ammoniten-Gattungen, die weiter im Süden auftreten, und alle Korallen-Bänke.

Grösser sind die Wirkungen der zunehmenden polaren Abkühlung bereits in der Meeresfauna der Kreide-Epoche. Hier machen sich über die nördliche Halbkugel schon auffällige Gegensätze geltend. Namentlich deuten die in Süd-Europa (Portugal, Pyrenäen, Süd-Frankreich und Alpen) mächtig entwickelten, von zahlreichen Stern-Korallen örtlich begleiteten, auch in Texas vertretenen Rudisten-Zonen in z. Th. mächtigen Lagern auf eine bereits ausgeprägte klimatische Sonderung der Meeresgebiete und ihrer Fauna. In den nördlicheren Gebieten fehlen die Rudisten-Bänke. Dafür sind hier Ammoniten und Belemniten reichlicher vertreten als im Süden.

Während der Eocän-Epoche behaupteten die Meeresgewässer bei Paris und London noch eine wärmere Temperatur. Dies bezeugt besonders das reichliche Auftreten der Molluskengattungen *Voluta*, *Harpa*, *Conus*, *Mitra* u. s. w., deren Arten heute vorzugsweise die Küstenzonen der tropischen Meere bewohnen.

Im Miocän des sogen. Wiener Beckens ist dieses Gepräge schon im Abnehmen. Hier erscheinen besonders Arten, die dermalen im Mittelmeere leben, nebst einigen, die jetzt an der subtropischen Westküste von Afrika (Azoren und

Canaren bis Senegambien) entweder noch leben oder doch dort ihre nächsten Verwandten haben.

Wann die erste Eisbildung in den Polarmeeren begann und am Meeresgrund einen Abfluss kälteren dichteren Wassers von den Polen gegen den Aequator zur Folge hatte, ist unbekannt. Aber dieser Vorgang musste während langer Zeit reichliche Wirkungen auf die Meeresbevölkerung üben, viele der älteren Typen zum Erlöschen bringen, namentlich aber die arktische und die antarktische Tiefseefauna nach dem Aequator zusammentreiben. Das uns zur Verfügung stehende geologische Archiv giebt uns darüber keinen Aufschluss. Erst mit der mittleren und oberen Tertiärstufe der mittleren Breiten sehen wir uns etwas günstiger gestellt und auch dies nur für Absätze aus seichteren Meeresstrecken.

Ein paar Stufen oberhalb der Eocän-Schichten von London und Paris — in den sogen. Crag-Lagern von England und Belgien lassen die meerischen Mollusken-Reste von Schichte zu Schichte mehr die wachsende Abkühlung desselben Meerestheiles erkennen. Dabei stellen sich erst einzelne boreale Arten ein, dann folgen auch hochnordische, die jetzt dem arktischen Meeresgebiet angehören und seither zum Theil das britische Meer wieder verlassen haben.

Im unteren Crag oder Coralline-Crag (mittleres Pliocän) enthielt die Mollusken-Fauna am süd-östl. England schon einen grossen Betrag an heute noch im britischen Meere lebenden Arten (23%) und neben diesen erst wenige Einwanderer (1%) aus nördlicherem Gebiet. Das Klima des britischen Gebiets war damals etwa das heutige von Süd-England oder noch etwas wärmer.

Mit dem darauf folgenden Red Crag wächst die Einwanderung aus den kühleren Gewässern. 30% der Arten des Red Crag leben heute noch im britischen Meere, 11% noch heute in nördlicheren Meeren. Der boreale Charakter der Meeresfauna ist im Zunehmen, das Klima offenbar im Sinken begriffen.

Noch mehr ist dies mit dem Norwich Crag (oberes Pliocän) der Fall. Das Klima war damals beiläufig wohl wie das heutige derselben Gegend oder auch schon kühler geworden. Auf die Ablagerung des Norwich Crag folgt dann die sogen. Eiszeit, in der die Vorschiebung der arktischen Meeresfauna nach dem britischen Meer den höchsten Grad erreicht.

Seitdem ist die während der Eiszeit weit vorgeschobene arktische Meeresfauna wieder zurückgegangen und hat nur wenige damals südlich vorgedrungene Arten in der britischen Meeresfauna zurückgelassen.

Wir haben hier den einleuchtenden Beweis von dem wechselnden Vorrücken und Zurückweichen der Mollusken-Arten im britischen Gebiet zu Folge der damals im Nord-Atlantischen Meer, sowie über Nord- und Mittel-Europa vor sich gehenden Aenderungen des Klimas, namentlich aber wohl der Meeresströmungen.

Eine besondere Art von Wanderungen erfolgte im Verlaufe der geologischen Formationen, besonders aber nach der Jura-Epoche und im Verlaufe der Kreide seitens einer Anzahl in Abnahme gekommener Abkömmlinge ehedem reichlicher vertretener Klassen und Ordnungen. Sie ging vom Meer ins Süsswasser und scheint meist mit dem Ueberhandnehmen gewaltigerer Gegner und der Besetzung eines sichereren Nahrungsfeldes verknüpft gewesen zu sein. So verlieren sich die eckschuppigen Ganoiden in der Kreide-Epoche und bald nachher aus dem Meere. Dafür spielt eine jüngere Gattung derselben, der Knochenhecht, *Lepidosteus* in den Süsswasserablagerungen der Eocän-Formation des westlichen Nord-Amerika's eine wichtige Rolle und ihre Nachkommen leben heute noch mit etwa

einem Dutzend Arten in Flüssen und Binnenseen von Nord-Amerika. Aehnliches Verhalten zeigen die Störe, die Fischlurche *(Dipneusta)*, die Krokodile, auch Arten der Sirenien und Delphine.

Es bleibt uns nun noch die Erörterung der Wanderungen der Land-Fauna unter dem Einflusse der öfteren Veränderungen der Festlandgebiete und der klimatischen Verschiedentlichung — ein Gegenstand von schier unabsehbarer Mannigfaltigkeit, den wir nur sprungweise hier abhandeln können.

Einen guten Beleg für die ehedem auch in den höheren Breiten wärmere Temperatur des Festlandes geben die Scorpione. Schon im oberen Silursystem beginnen sie auf Gotland (57° nördl. Br.) mit *Palaeophoneus*. In der Steinkohlen-Epoche folgt *Cyclophthalmus* zu Radnitz in Böhmen, der nächste Verwandte des lebenden nordafrikanischen Scorpions *Androctonus*. Heut zu Tage sind die Scorpione meistens in subtropische und tropische Regionen abgegangen. Ihre Nachzügler sitzen am südlichen Fusse der Alpen, um Chiavenna und Triest (etwa 46° nördl. Br.).

Von Käfer-Resten gewähren namentlich zahlreiche und zum Theil grosse Buprestiden im unteren Lias des Aargau's einen Erweis des damaligen tropischen Klimas in den mittleren Breiten.

Die Reptilien-Klasse deutet im Allgemeinen und namentlich mit ihren Landbewohnern auf ein wärmeres Klima während der älteren Formationen. Sie können ein warmes Klima nicht entbehren, da ihnen ihre Athmung nicht die zu ihren Bewegungen nöthige Wärmemenge liefert. Von ihnen beginnen die Krokodile mit der Kreide-Formation auf der nördlichen Halbkugel — und vielleicht in der Nordpolar-Region. Im Eocän von Nord-Amerika und England erscheinen Gaviale, echte Krokodile und Alligatoren oder Kaimans auf gleichem Schauplatze. Die letzten Krokodile verlieren sich in Europa mit der Miocän-Epoche *(Crocodilus Ungeri* Prangn. zu Wies bei Eibiswald). Jetzt beginnen sie in Syrien (33° nördl. Br.) und in Ober-Aegypten (Theben 25°).

In welcher Epoche die Anhäufung der Festland-Massen um die Nordpolar-Region sich ausbildete, ist nicht ermittelt. Sie macht sich aber im Eocän bemerklich.

Nord-Amerika zeigt vom Beginn der Eocän-Epoche an eine reichliche Landbevölkerung von einem gewissen circumpolaren Charakter. Er deutet auf einen damaligen Festlandverband von Nord-Amerika mit Asien und Europa. Ob er an der Stelle der Behrings-Strasse oder in der Richtung der Aleuten-Inseln oder über den Nordpol hinaus statt hatte, kann sich noch fragen. Festland kann damals gelegen haben, wo jetzt der Boden tief unter den Meeresspiegel eingesunken erscheint.

So findet sich in der unteren Eocän-Stufe die Gattung *Coryphodon*, ein unpaarzehiges Hufthier von primitiverem Charakter als alle seine sonst bekannten Verwandten, mit mehreren Arten über Nord-Amerika verbreitet. Eine andere Art, *C. eocaenus* Ow. erscheint im unteren Eocän des Pariser Beckens (sables du Soissonnais) und im unteren London-Thon.

Wie damals die Nordpolar-Region und wie Nord-Asien beschaffen waren, ist noch völlig unbekannt. Der circumpolar-arktische Zusammenhang der drei Erdtheile mag bis etwa zur Miocän-Epoche angehalten haben. Dafür sprechen einige Hufthiere und Raubthiere, die um diese Zeit Nord-Amerika und Europa gemeinsam waren.

So schliesst O. C. Marsh aus dem Vorkommen von *Chalicotherium (Ungu-*

lata perissodactyla, Fam. *Brontotheridae)* im oberen Miocän von Oregon in Nordwest-Amerika, sowie in Asien (Sivalik-Berge) und Europa (Eppelsheim), dass im Miocän eine Landverbindung zwischen Nord-Amerika und Nord-Asien noch statt hatte und eine Wanderung von Landsäugethieren vor sich ging. Die Behrings-Strasse, nur 55 Meter (180 Fuss) tief und 60 Kilometer breit, bedürfte nur einer verhältnissmässigen Hebung um eine breite Brücke zu ergeben.

Aehnlich verhält sich *Hyaenodon*, eine der primitiven den Didelphen noch nahe stehende Carnivoren-Gattungen. Sie findet sich in Europa im oberen Eocän und im Miocän. Sie findet sich auch häufig im Miocän von Nord-Amerika östlich von den Rocky Mountains.

Dazu kommen die Verbreitungs-Verhältnisse der nackten Amphibien oder Batrachier. Sie finden sich heut zu Tage meist in circumpolarer Vertheilung auf der nördlichen Halbkugel, besonders in feuchtwarmen Gebieten, gleich als ob sie in älterer Zeit von der Nordpolar-Region nach Süden ausgestrahlt seien.

Der japanische Riesen-Salamander, *Cryptobranchus japonicus* Hoev. lebt auf Japan in Gebirgsseen. Ihm nahe steht *Cryptobranchus primigenius* Hoev. aus dem oberen Miocän von Oeningen am Bodensee. Dies Beispiel genügt es wahrscheinlich zu machen, dass schon seit Beginn der Tertiärperiode oder mindestens des Miocän die nackten Amphibien über die ganze circumpolare Region der nördlichen Halbkugel verbreitet waren und dass deren Flusssysteme bald hier bald da ihnen einen gangbaren Pfad boten.

Während der pliocänen Epoche fanden sowohl Wanderungen von Landsäugethieren aus Nord-Amerika nach Asien und Europa als auch aus Asien nach Nord-Amerika statt.

Aus dem Osten in den Westen zogen Arten von *Aceratherium*, Kameele und *Machaerodus*-Arten. *Aceratherium*-Arten, die hornlosen Vorfahren der Rhinoceroten, erscheinen sowohl in Europa als auch in Nord-Amerika im Miocän und Pliocän. Nach O. C. Marsh stammen sie von der Gattung *Amynodon* im oberen Eocän von Nord-Amerika und er nimmt darnach an, die Aceratherien seien nordamerikanischen Ursprunges und im Miocän über Asien bis Europa vorgedrungen. In ihrem amerikanischen Gebiet erloschen sie mit dem oberen Pliocän. In Europa wandelten sie sich im oberen Miocän in Rhinoceroten um.

O. C. Marsh verlegt auch die Entstehung der Tapire nach Nord-Amerika und betrachtet ihr Vorkommen in Asien und Europa als zweite Heimath. Der entgegengesetzte Weg hat aber mindestens eben so viel für sich.

Die Familie der Cameliden, *Camelidae*, scheint amerikanischen Ursprunges zu sein. O. C. Marsh leitet sie von der im Miocän von Nord-Amerika auftretenden Gattung *Poebrotherium* und zunächst von der ebenda im Pliocän auftretenden Gattung *Procamelus* ab. Die Kameele wandten sich von da nach Asien. *Camelus Sivalensis* Falc. findet sich im Obermiocän der Sivalik-Berge in Ost-Indien. Das heutige Kameel, *Camelus bactrianus* L. lebt noch jetzt wild in Turkestan. In Afrika hat erst der Mensch das Kameel eingeführt.

Die Katzen-Gattung *Machaerodus* ist nordamerikanischen Ursprunges und nicht selten im mittleren Miocän zu beiden Seiten der Rocky Mountains vertreten, auch noch im Pliocän derselben Gegend. Sie scheint — in behenden Wanderern — bald darnach in Asien und Europa eingedrungen zu sein. In Asien erscheint sie im oberen Miocän der Sivalik-Berge. In Europa ist dieselbe Gattung durch andere Arten vertreten im unteren Pliocän von Pikermi und

Eppelsheim. Sie erlischt für Europa zur Zeit des Forest-Bed mit *Mach. latidens* in Höhlenbreccien von Devonshire.

Eine reichlichere Wanderung von Landsäugethieren fand in der pliocänen Epoche von Europa und Asien nach Nord-Amerika statt.

Die Didelphyiden, *Didelphyidae, Pedimana,* sind die einzige lebende Beutelthier-Familie, die der australischen Fauna vollständig fehlt und sich als circumpolar-arktischen Ursprunges erweist. Die Gattung *Didelphys* findet sich zuerst im oberen Eocän von Europa und verschwindet aus diesem Gebiet bald darnach. In Nord-Amerika kennt man sie erst im Pleistocän und muthmaasslich ist sie hier in der Pliocän-Epoche eingewandert. Jetzt finden sich die *Didelphys*-Arten lebend in den warmen und tropischen Gebieten von Süd-Amerika, sowie im Norden bis Florida und Virginien. Die Heimath von *Didelphys* ist also Europa oder etwa die Nordpolar-Region. In Europa erlosch diese Gattung schon frühe und taucht dann dafür bald in Nord-Amerika auf, um hier besser zu gedeihen.

Die Mastodonten, in Europa schon im Miocän beginnend, erlöschen hier mit *Mastodon Arvernensis* Croiz. am Schlusse des oberen Pliocän unmittelbar vor Beginn der Glacial-Epoche. Sie tauchen in Nord-Amerika zuerst im unteren Pliocän auf und noch vor den Elephanten. Sie sind also in Nord-Amerika Einwanderer aus dem nordöstlichen Asien — die entweder über eine Landbrücke an der Stelle der Behrings-Strasse kamen — oder über eine Festlandverbindung der Nordpolar-Region einzogen. In den Megatherien-Schichten des südlichen Nord-Amerika sind sie noch häufig. So findet sich *Mastodon giganteus* im Lehm von Natchez (Mississippi) über Glacial-Gerölle zusammen mit *Megalonyx, Mylodon* u. s. w. Aus Nord-Amerika gelangten gegen Ende der Pliocän-Epoche die Mastodonten auch nach Süd-Amerika und auf die Hochflächen der Anden. Weder im nördlichen noch im südlichen Amerika vermochten sie sich am Leben zu erhalten. Die Gattung erlosch im östlichen Nord-Amerika in sehr später Zeit mit *M. giganteus* Cuv. — vielleicht erst unter der Hand des Menschen.

Die Elephanten wanderten erst mit dem oberen Pliocän — also nach den Mastodonten — aus Ost-Asien in Nord-Amerika ein und drangen nach Süden nur bis Texas und Mexiko vor. Sie erloschen in diesem Gebiet bald wieder. In Süd-Amerika scheinen sie nie eingedrungen zu sein. *Elephas americanus* Leidy war ein naher Verwandter des glacialen *E. primigenius,* aber ein Bewohner eines etwas milderen Klimas. Er war vorzüglich in Nordwest von den Alleghany-Gebirgen verbreitet und kommt auch in Canada vor. *Elephas Columbi* Falc. aus derselben Verwandtschaft wohnte gleichzeitig etwas weiter südlich, besonders im Süden von 30° nördl. Br. und findet sich fossil in Alabama, Texas, Mexiko. Beide Arten waren hier Gefährten der grossen Edentaten, wie *Melodon, Megalonyx* u. s. w., mit denen sie durch die klimatische Abkühlung der nordamerikanischen Glacial-Epoche nach Süden gedrängt wurden. Sie erloschen aber auf dieser Wanderung bevor sie noch Panama erreichten.

Vielleicht ist auch der Tapir mit der Pliocän-Epoche aus Asien nach Nord-Amerika gezogen. (O. C. Marsh beansprucht aber den Ursprung dieser Gattung für Nord-Amerika.)

Ein merkwürdiges Beispiel von Wanderungen gewährt der Wapiti *(Cervus canadensis* Briss., *C. strongyloceros* Schreb.). Er erscheint fossil in Schichten der Glacial-Epoche von Mittel-Europa und lebend im Osten von Nord-Amerika, wo er bis 57° Br. gen Norden geht. Seine nächsten Verwandten leben heute im gemässigten Klima von Mittel-Asien und hier darf man auch seine ursprüngliche

Heimath annehmen. In Nord-Amerika ist er ein versprengter Einwanderer, der wohl als die Behringsstrasse eine Landbrücke bildete, in Amerika einzog und hier eine neue Heimath fand. In Europa ist er schon frühe wieder erloschen und zwar wahrscheinlich unter der Hand des Menschen.

Die Cavicornier oder hohlhörnigen Selonodonten scheinen überhaupt altweltlichen Ursprunges zu sein und erreichten Amerika erst (über die Behrings-Strasse) in der Pliocän-Epoche. Nur ihr Vortrab ging herüber, ein paar Antilopen und Bisonten.

Die Antilopen entstanden im europäisch-asiatischen Gebiet und zeigen sich zuerst im mittleren Miocän von Sansan. Artenreich erscheinen sie im Unterpliocän von Pikermi. Die Mehrzahl der heutigen Arten lebt dermalen heerdenweise in Afrika und Arabien. In Nordamerika scheinen die Antilopen in der pliocänen Epoche spärlich eingewandert zu sein und gingen bis Brasilien vor. In Nord-Amerika leben noch ein paar Arten. Die Gabelgemse, *Antilope furcifera* lebt heute noch heerdenweise in den Ebenen des Westens von 53° nördl. Br. an.

Mit Beginn der Pliocän-Epoche wanderten die Bisonten mit ein paar Arten in Nord-Amerika ein und erhielten sich hier, drangen aber nicht in Süd-Amerika ein. Ihr Nachkomme ist *Bison americanus* GM. *(Bos bison* L.), der sogen. Büffel *(buffalo).* Er lebt besonders im Prärien-Gebiet von Nord-Amerika in grossen Heerden, geht aber auch hier rasch dem Untergange entgegen.

Ziegen und Schafe sind europäisch-asiatischer Abkunft und blieben bei der pliocänen Wanderung in Asien zurück — vielleicht als Gebirgsbewohner.

Auch Giraffen gelangten nicht nach Amerika.

Raubthiere folgten den Grasfressern auf der Reise aus Ost-Asien nach dem nordwestlichen Amerika.

Die Bären, *Ursidae,* sind nach O. C. MARSH altweltlichen Ursprunges und kamen in der Pliocän-Epoche mit den Bisonten und Antilopen aus Asien nach der neuen Welt. Die Gattung *Ursus* fehlt im Miocän noch sowohl in Europa als in Amerika und kann damals in Asien sich ausgebildet haben. In Europa beginnt *Ursus* im oberen Pliocän mit mehreren Arten, in Nord-Amerika beiläufig um dieselbe Zeit und bald darnach zeigen sich auch in Süd-Amerika Ursiden.

Aehnlich scheint es sich mit der Gattung *Felis* zu verhalten. Sie zeigt sich im Miöcän von Europa schon gut ausgeprägt und im Pliocän in mehreren Arten vertreten. In Nord-Amerika erscheint sie im Pliocän der Rocky Mountains — und bald darnach auch in Süd-Amerika eingewandert.

Hyänen gelangten nie in die neue Welt.

Sehr wenig weiss man von der Bevölkerung Süd-Amerika's während der älteren und der mittleren Tertiärzeit biz zum Auftauchen der Panama-Landbrücke und dem alsbaldigen Einwandern der nordamerikanischen Landsäugethier-Fauna in ein spärlicher besetztes Feld. Die Gattungen *Anoplotherium* und *Palaeotherium* die in Nord-Amerika, wie es scheint, fehlen, sind in Europa und in Süd-Amerika vertreten. Dieser unerwartete Fall steht noch so vereinsamt, dass man selbst vor dem Versuche einer Hypothese zurückschreckt. (Man könnte zunächst vermuthen, es hätte in der älteren Tertiärzeit eine Festlandverbindung zwischen Süd-Amerika und West-Afrika bestanden.)

Zweifelhaft ist es, ob sich unter den Gliedern der Säugethier-Fauna von Süd-Amerika auch ältere einheimische Formen befinden — Autochhtonen, die nie in Nord-Amerika sassen. Man vermuthet es namentlich von den Gattungen *Toxodon, Nesodon* und *Macrauchenia.* Ihre systematische Stellung ist gleichfalls stark bestritten.

Die Eröffnung der Landbrücke von Panama — oder des Isthmus von Darien — wird von O. MARSH gegen Ende der Pliocän-Epoche angenommen. Damals wanderten die Edentaten, die Mastodonten, die Lama's, die Affen und die Raubthiere in den Süden ein. Sie verschwanden damals auch theilweise aus Nord-Amerika, ohne hier Nachkommen zu hinterlassen.

Die Didelphyiden *(Didelphyidae, Pedimana)* tauchen zuerst in den älteren Tertiärschichten von Europa auf, später in Nord-Amerika, dann setzen sie nach Süd-Amerika über. Sie erscheinen artenreich vertreten in den pleistocänen Absätzen der Höhlen von Brasilien und leben heute noch in den warmen und tropischen Gebieten von Süd-Amerika, wie auch in den südlichen Unionsstaaten bis Florida und Virginien.

Elephanten drangen nach Süd-Amerika nicht vor, sie gelangten nur bis Mexiko und erloschen hier bald darnach. Wohl aber kamen zwei *Mastodon*-Arten nach Süd-Amerika. Die Mastodonten erscheinen zuerst im Miocän in Europa und gleichzeitig oder bald darnach auch in Asien. Von diesen gelangten einige in der Pliocän-Epoche nach Nord-Amerika und schoben sich hier weiter nach Süden vor. Zwei Arten, *Mast. Andium* CUV. und *M. Humboldti* CUV. gelangten bis an die Anden (Neu-Granada, 2500 Meter Meereshöhe) und in das Pampas-Gebiet von Buenos Ayres und Paraguay (35° südl. Br.). Sie sind seitdem wieder in diesem Gebiet, gleichwie in ihren älteren Wohnsitzen erloschen.

Der Tapir lebt heut zu Tage in zwei oder drei Arten in feuchten Waldgebieten der Tropen, *Tapirus indicus* in Süd-Asien (Malakka, Sunda-Inseln), *Tap. americanus* in Guiana und dem heissen Brasilien und *Tap. andicola* in den Anden. Die Gattung erscheint zuerst im Miocän von Europa, dann auch in Nord-Amerika. In letzterem Gebiete findet sie sich erst im oberen Pliocän fossil und zeigt sich auch so im Pleistocän. Jetzt ist sie für Nord-Amerika erloschen und fehlt schon in Mexiko. Offenbar sind die Tapire des tropischen Süd-Amerika gegen Beginn der pleistocänen Epoche hier eingewandert und haben eine günstigere Heimath gefunden.

Equus-Arten erscheinen in Nord-Amerika mit der Pliocän-Epoche und drangen bald darnach über die damals eröffnete Landenge von Panama zusammen mit Mastodonten, Edentaten u. s. w. in Süd-Amerika ein, wo sie die Pampas bevölkerten. Sie sind lange vor Ankunft der Spanier hier wieder erloschen und an ihrer Stelle wurde zu Ende des XV. Jahrhunderts das zahme Pferd, *Equus caballus* eingeführt, welches abermals in den Pampas reichlich überhand genommen hat.

Die heute nur in Süd-Amerika noch fortlebenden Lama's oder *Auchenia*-Arten stammen von der im Pliocän von Nord-Amerika vorkommenden Gattung *Procamelus* ab. Mehrere Arten von *Auchenia* finden sich schon im Pleistocän von Nord-Amerika, wo diese Gattung inzwischen erloschen ist. Andere Arten aber fanden demnächst in Süd-Amerika eine bleibende Stätte. Man kennt Reste aus dem Pampas-Lehm, andere aus Höhlen von Brasilien. Zwei Arten leben noch in den Anden von Peru und Chile und in den Pampas von Patagonien.

Mit den Lama's wanderten gegen Ende der Pliocän-Epoche von Wiederkäuern noch Hirsche und Antilopen in Süd-Amerika ein. Die Bisonten erreichten dies Gebiet nicht, sie machten mit den Elephanten in Mexiko halt.

In Amerika sind noch heute die Edentaten mit mehreren Familien der am meisten in die Augen springende Bestandtheil der Säugethierfauna. Sie sind Abkömmlinge von Einwanderern aus Nord-Amerika. In den südlicheren Unions-

staaten, namentlich im S. und S.-O. von den Alleghany-Gebirgen lebte gegen Beginn der Eiszeit eine zahlreiche Fauna von grossen Edentaten wie *Megatherium, Megalonyx, Mylodon* u. a. zusammen mit Mastodonten und Elephanten. Wie O. C. MARSH zeigte, stammt diese pleistocäne Edentaten-Fauna Amerikas von den nordamerikanischen Moropiden, *Moropidae (Moropus* miocän und *Morotherium* unterpliocän) ab. Diese Gesellschaft mag mit der Höhe der Eiszeit theils erloschen sein, theils wurde sie weiter nach Süden verschoben. Dem heutigen Nord-Amerika und Mexiko fehlt jede Spur von Edentaten. Diese erhielten sich nur, soweit sie über die gegen Ende der Pliocän-Epoche aus dem Meere aufgetauchte Landenge von Panama vorgingen und sich eine neue Heimath errangen. Von da an erscheinen sie reich an Gattungen und Arten in Süd-Amerika. Ihre Reste erfüllen namentlich in grosser Menge den sogen. Pampas-Thon vou Buenos Ayres, Paraguay u. s. w. Es sind darunter auch Arten, die sowohl in Ablagerungen des nördlichen, als auch in solchen des südlichen Amerika's nachgewiesen sind, wie namentlich *Megatherium Cuvieri* DESM. und *Megalonyx Jeffersoni* CUV.

Unter den Einwanderern in Süd-Amerika waren auch eine Anzahl von Raubthieren, namentlich Bären *(Nasua)*, Hunde und Katzen, die im Gefolge von Mastodonten, Edentaten u. s. w. zu Ende der Pliocän-Epoche aus Norden kamen und theils aus Nord-Amerika, theils in entfernterer Linie aus Asien stammten. Am meisten Aufsehen unter ihnen erregt die sowohl im Pampas-Thon als auch in Höhlen von Brasilien fossil erscheinende räuberische Katzen-Gattung *Machaerodus*. Sie erlischt hier mit *Mach. neogaeus* Ow. — etwas später als in Europa, wo sie schon im Horizont des Forest Bed sich verliert.

Abkömmlinge von Einwanderern aus Nord-Amerika sind auch die heutigen breitnasigen Affen, *Platyrhinae*, der Waldungen des tropischen Amerika. Vertreter dieser Unterordnung finden sich fossil in den mit dem Lehm der Pampas gleichalterigen Knochen-Höhlen von Brasilien. Sie fehlen heute allen übrigen thiergeographischen Provinzen, auch der nordamerikanischen. Es ist anzunehmen, dass sie gegen Ende der pliocänen Epoche über die Landenge von Panama in Süd-Amerika einzogen und in ihren älteren Wohnsitzen erloschen. (Mittelformen zwischen Lemuren und Platyrhinen finden sich in den älteren Tertiär-Schichten von Nord-Amerika, wie auch von Europa.)

Verschieden von der pliocänen Einwanderung aus Asien nach Nord-Amerika ist das Eindringen glacialer Arktiker in letzteres Gebiet — während einer noch zu ermittelnden Stufe der Eiszeit. Jedenfalls war es die letzte Einwanderung nordasiatischer Landthiere in Nord-Amerika. Sie drangen theils nur in den äussersten Nordwesten ein, theils gelangten sie auch weiter nach Süden. Ihre Reste finden sich im gefrorenen Boden der Eschscholz-Bai (66° nördl. Br., Alaska) wo der Mammuth, *Elephas primigenius* BL., zusammen mit dem Renthier, dem Elenn, dem Bison und dem Moschusochsen vorkommt.

El. primigenius war einst in Alaska häufig, wo seine Reste im gefrorenen Boden zahlreich liegen. Diese Art reichte nur bis an den Columbia-Fluss (Oregon) und an den Rand der Rocky Mountains, die sie nicht überschritt. In Süd und Südost von ihr war das Verbreitungsgebiet des nahe mit ihr verwandten *El. americanus* LEID.

Der amerikanische Moschusochse, *Bos moschatus* L., *Ovibos moschatus* BLAINV. (the musk ox) bewohnt heute nur den äussersten Norden von Nord-Amerika von 60° Br. an. Während der europäischen Kälte-Epoche bewohnte er gleichzeitig

Sibirien und Mittel-Europa und beiläufig um dieselbe Zeit gelangte er auch wohl nach Alaska, sei es über eine Festlandbrücke, sei es über Eisfelder. In fossilen Funden reicht *Ovibos moschatus* in Nord-Amerika auch viel weiter südlich und reicht namentlich in das Verbreitungsgebiet des *El. americanus*. Jedenfalls ist *Ovibos* altweltlichen Ursprunges.

Das Renthier, *Cervus tarandus* L., ist derzeit in Nord-Amerika unter 63—66° nördl. Br. am häufigsten und geht südlich bis 50° Hier wanderte das Renthier mit der Glacial-Epoche ein. Es wird fossil so weit in Süd gefunden, als es heute noch mit seiner winterlichen Wanderung reicht. Es darf gleichfalls als altweltlichen Ursprunges gelten.

Unter der im Verlaufe der Eiszeit in Alaska einziehenden Fauna, gleichwie schon in der pliocänen Einwanderung fehlten *Rhinoceros, Hippopotamus, Cervus megaceros, Bos primigenius, Hyaena* u. a.

Nach dem Aufhören der Eiszeit in den mittleren Breiten von Nord-Amerika fand eine neue Einwanderung in die nun wieder wohnlich gewordenen Gegenden statt. Sie kam aus West und aus Süd.

Sehr merkwürdig ist das späte und noch ziemlich häufige Auftreten des letzten aller Mastodonten, des oft genannten *Mastodon giganteus* Cuv. in nachglacialen Bodenschichten von Canada, New-York, sowie auch noch dem Missouri-Gebiet. Seine Reste finden sich besonders in Torflagern oberhalb von glacialen Geröllelagern. Er erlosch auch hier noch vor Beginn der geschichtlichen Epoche, vielleicht unter den Nachstellungen des Menschen.

Wahrscheinlich erstiegen auch in der nachglacialen Zeit die heutigen alpinen Bewohner der Rocky Mountains die kühleren Regionen dieses Gebirgszuges. Sie sind wohl alle Abkömmlinge sibirischer Einwanderer, wie namentlich das Bergschaf, *Ovis montana* Cuv., ein Abkömmling vom asiatischen Argali, jetzt in genanntem Gebirge bis 68° nördl. Br. verbreitet, und der amerikanische Steinbock, *Capra americana*.

Wir wenden uns wieder nach dem europäischen Schauplatz.

Man erkennt im Pliocän von Mittel-Europa zuerst das Herantreten eines gemässigt kühlen Klima's, das dem heutigen desselben Gebietes nahe gleichkommt. So wandert um diese Zeit das irische Elenn (*Megaceros hibernicus* Ow., *Cervus hibernicus*) in England ein. Es scheint ein Vortrab aus dem Osten zu sein. Dieselbe Art findet sich auch in der diluvialen Fauna von Sibirien vertreten. Zugleich verschwinden nach und nach aus Mittel-Europa die letzten Reste tropischer und subtropischer Formen. Mit Schluss des oberen Pliocän erlischt für dieses Gebiet der letzte Mastodont, *Mastodon arvernensis* Croiz. und der letzte Tapir, *Tapirus arvernensis* Croiz.

In jener Höhe der Schichtenfolge, mit welcher das Hereintreten des eisigen Klima's der arktischen Region in Mittel-Europa durch eine Vorschiebung von arktischen Arten sich unzweideutig kund giebt, nehmen wir die Grenze von tertiär und quartär — oberpliocän und unterpleistocän — an. Hier zeigt sich eine neue, wie es scheint, zum grössten Theil aus dem Osten und dem Nordosten eingewanderte Landsäugethier-Fauna, welcher namentlich der erste in Mittel-Europa auftauchende Glacial-Arktiker, der Mammuth, *Elephas primigenius* Bl., und eine Anzahl heute noch in Mittel-Europa und in der gemässigten Zone von Asien fortlebender Säugethier-Arten angehören. Diesen Horizont der Schichtenfolge bildet das Forest-Bed. Es ist unteres Pleistocän.

Mit dem Mammuth wandern um die Zeit des Forest-Bed eine Reihe von

anderen Landsäugethieren ein, die wahrscheinlich meist aus Osten — Süd-Russland, Süd-Sibirien und vielleicht aus dem Amurland — kamen. Unter ihnen bemerken wir (abgesehen von dem schon zur Zeit des Red Crag in England erschienenen irischen Riesen-Elenn, *Cervus hibernicus)* einige seither wieder erloschene und ausgerottete Arten, wie den Ur, *Bos primigenius* Boj., und den Höhlenbären, *Ursus spelaeus,* ferner folgende heute noch lebende, den Edelhirsch, das Reh, das Pferd, den Wolf, den Fuchs u. s. w.

Mit zunehmender Abkühlung des Klima's von Nord- und Mittel-Europa folgt dem Mammuth noch eine ganze Reihe von arktischen Einwanderern, als deren Heimath wohl Sibirien anzunehmen ist. Darunter in erster Linie das wie der Mammuth mit schützendem Wollkleid versehene sibirische Nashorn, *Rhinoceros tichorhinus* Cuv., ferner der Moschusochse, der Lemming u. a.

Von dieser glacialen Säugethierfauna in Mittel-Europa erloschen manche Arten mit dem Wiederkehren eines milden Klima's. Andere erlagen der Hand des Menschen.

Noch andere kühles Klima liebende Arten erhielten sich in den Hoch-Regionen der Alpen, der Karpathen und einiger anderer Gebirge. So namentlich die Gemse, der Steinbock und das Murment oder die Marmotte. Sie mögen schon vor der Eiszeit Bewohner hoher Gebirge gewesen sein.

Wieder andere Arten erloschen im Westen bald wieder, fristeten sich aber in Osten wie der Wapiti, der Moschusochse und die Saiga-Antilope.

Rhinoceros-Arten entstanden in Europa zur Zeit des oberen Miocän aus Aceratherien. Jetzt sind ihre Nachkommen Bewohner der tropischen und warmen Zone von Asien (Ost-Indien, Java, Sumatra) und Afrika. In Europa sind sie erloschen, nach Amerika nie vorgedrungen. Aber merkwürdiger Weise erscheinen zwei dieser Arten in der europäisch-asiatischen Glacial-Fauna. *Rhinoceros tichorhinus* Cuv. und *R. Mercki* Jaeg. finden sich im gefrornen Boden von Sibirien erhalten. Sie trugen eine starke Haarbedeckung und waren im Stand in einer Wald- und Wiesengegend einen mässig kalten Winter auszuhalten. Sie erscheinen in Europa im Verlauf der Eiszeit zusammen mit dem Renthier u. s. w. — offenbar als Einwanderer aus O. und N.-O. Sie erloschen mit Ende der Eiszeit und wohl zum Theil als Jagdwild des Menschen.

Equus-Arten erscheinen in Europa in pliocänen Ablagerungen, wie es scheint, in einigen Arten. Von ihnen beginnt *Equus caballus* als Einwanderer in Europa — zusammen mit dem Mammuth — zuerst im Forest bed von England und Frankreich und war lange das Hauptwild der ältesten Jagdvölker von Mittel-Europa.

Die Elephanten haben ihre Heimath in der alten Welt und zwar zeigen sie sich zuerst im oberen Miocän (oder unteren Pliocän) der Sivalik-Berge in Ost-Indien, wo Mittelformen vorkommen, welche die Abkunft der Elephanten von Mastodonten verkünden. Von ihnen leben nur noch die zwei Arten, *Elephas indicus* L. in Süd-Asien und *El. africanus* L. *(Loxodon)* im tropischen Afrika. Zwei Arten erscheinen im oberen Pliocän von Europa (Red crag von England) als Einwanderer — vermuthlich aus O. oder N.-O.

Ihnen folgt mit der Zeit des Forest bed von England der erste Glacial-Arktiker, der Mammuth, *El. primigenius* Bl., ein naher Verwandter des lebenden *El. indicus.* Er war während der Glacial-Epoche über Mittel-Europa, Sibirien und Alaska verbreitet und fand sich im gefrornen Boden oder sogen. ewigen Eis vom nördlichen Sibirien noch mit Haut und Haar erhalten. Er erlosch seither im

ganzen angegebenen Gebiet und, wie es scheint, zuletzt als Jagdbeute des Menschen. Nach Europa kann er nur aus Nord- oder Mittel-Asien gelangt sein.

Eleph. antiquus FALC., eine ebenfalls der Gruppe des *El. indicus* angehörende Art, wanderte schon zur Zeit des Red crag ein und war wohl ein Bewohner eines etwas milderen Klima's als der Mammuth, mit dem er wie z. B. im Forest Bed von England häufig zusammen vorkommt. Man kennt ihn auch in Sicilien. Beide Arten mögen mit wechselnder Jahreszeit hin und her gewandert sein.

Das Renthier, *Cervus tarandus* L. ist derzeit in Europa und Asien eine hochnordische Art, die nur mit dem Winter heerdenweise nach Süden zieht, Sommers aber, wo ihr Fliegen und Bremsen lästig werden, Kühlung sucht. Dieselbe Art reicht auch in das arktische Nord-Amerika. Mit der Glacial-Epoche drang in Europa das Renthier vorübergehend bis an den Fuss der Alpen und ihrer vorgequollenen Gletscher (Schussenried 47½° nördl. Br.) und der Pyrenäen (Montpellier 43½°, Lombrive im Dept. der Ariège 43°). Es findet sich auch im Lehm und in Höhlen von England (51°). Es war damals hier ein Hauptjagdthier des Menschen. Mit dem Wiedereintritt milderen Klima's zog sich das Renthier in der Folge wieder weit nach Norden zurück in die Nähe des Polarkreises. Es kann als sibirischen Ursprunges gelten, jedenfalls ist es in Amerika ein später Einwanderer. In Europa erscheint es zuerst mit dem Mosbacher Sand (Wiesbaden).

Der amerikanische Moschusochse, *Ovibos moschatus* BLAINV., der heute nur im höchsten Norden von Nord-Amerika — von 60° nördl. Br. an bis zur äussersten Weidegrenze — lebt, bewohnte während der europäischen Kälte-Epoche gleichzeitig Alaska, Sibirien und Mittel-Europa. Seine Reste fanden sich auf dem Kreutzberg bei Berlin, in der Gegend von London — und am Fusse der Pyrenäen, (Fund an der Dordogne im Perigord, 45° nördl. Br. zusammen mit Geräthen von der Hand des Menschen). Jetzt ist er in Europa und Asien erloschen und lebt nur noch als Arktiker in Nord-Amerika. Seine Urheimath mag Sibirien gewesen sein.

Die Antilopen und Rinder sind, wie die Hohlhörner oder Cavicornier überhaupt, europäisch-asiatischen Ursprunges.

Unter den pleistocänen Wanderern ist die *Saiga, Antilope saiga,* zu erwähnen. Sie lebt in grasigen Ebenen vom Altai an im südlichen Sibirien bis ins östliche Europa und zieht im Herbst in grossen Heerden in mildere Gegenden. Diese Saiga bewohnte in der älteren postglacialen Zeit auch das westliche Mittel-Europa.

Die Gemse, *Antilope rupicapra* L., mag vor der Kälte-Epoche schon ein europäischer Gebirgsbewohner gewesen sein. Während dieser Zeit wurde sie von denselben herabgedrückt und mit beginnender Milderung des Klimas erstieg sie wieder die kühlen Höhen der Alpen, der Pyrenäen, der Karpathen und anderer Gebirge — zusammen mit dem Steinbock, *Capra ibex* L., der Marmotte u. s. w.

Der Ur, *Bos primigenius* BOJ., die Stammform des zahmen Rindes, erscheint in Europa zuerst mit dem Forest bed als neuer Einwanderer aus dem Osten, dann in der interglacialen Schieferkohle von Dürnten (Canton Zürich) und darnach in vielen anderen pleistocänen Lagern. Als wildes Thier ist der Ur erst in geschichtlicher Zeit ausgerottet worden.

Die Bisonten sind eine Abzweigung von den Rindern, die sich zuerst im obermiocänen Lager der Sivalik-Berge (Ost-Indien) zeigt. *Bison priscus* CUV. *(Bos priscus* BOJ.), fossil im Diluvium von Europa und Sibirien, etwas grösser als der Wisent, erscheint zuerst im Mosbacher Sand (Wiesbaden). Von ihm stammt

unmittelbar der noch lebende aber beinahe ausgerottete Wisent, *Bison europaeus* Ow. (*Bos urus* L.), der in Lithauen als gehegtes Wild noch vorkommt, auch im Kaukasus noch lebt.

Die Höhlenhyäne, *Hyaena spelaea* GOLDF., der nächste Verwandte der gefleckten Hyäne (*H. crocuta*) von Süd-Afrika, aber etwas grösser, beginnt in Europa mit dem Kalktuff von Cannstatt und ist dann häufig im Löss und in Höhlen, besonders in England und Frankreich. Der nördlichste Punkt ihres Vordringens in Europa ist Thiede bei Braunschweig. Diese Art findet sich noch in diluvialen Lagern von Sibirien, u. a. in Höhlen im Gouvernement Tomsk. Hier wird wohl auch ihre ältere Heimath anzunehmen sein. Sie ging nicht nach Amerika über.

Die ausgezeichnetste Katzenart der pleistocänen Epoche der alten Welt ist der Höhlentiger oder Höhlenlöwe, *Felis spelaea* GF., eine Art, die den heutigen Löwen und den Tiger an Grösse noch übertrifft. Der Höhlentiger beginnt in Europa mit dem Kalktuff von Cannstatt, ist häufig in manchen Höhlen (wie zu Muggendorf) und hie und da im Löss vertreten. Er erreichte in Deutschland seine Nordgrenze zu Thiede bei Braunschweig, 52° nördl. Br. und war hier nur ein Sommergast. Er erlosch in Europa erst spät und vielleicht erst unter der Hand des Menschen. Er war wohl ein Bewohner eines milderen Klimas, der nur im Sommer bis nach dem nördlichen Deutschland seine Streifzüge ausdehnte, ähnlich wie der heutige Königstiger in Nord-Asien bis 50° und selbst 52° nördl. Br. vorgeht. *Felis spelaea* findet sich auch in Höhlen von Sibirien (u. a. im Gouvernement Tomsk). Nach Amerika ging sie nicht. Ihre Heimath mag das südwestliche Sibirien gewesen sein.

Erst spät erscheint der Mensch in Europa — frühestens zu Anfang der pleistocänen Epoche oder wahrscheinlich etwas später mit beginnender Milderung des eisig gewordenen Klimas. Er war allem Vermuthen nach ein Einwanderer aus Asien, vielleicht kann aber auch ein Zug über Vorder-Asien und Nord-Afrika nach Süd-Europa ergangen sein. Noch weidete damals das Renthier von Lappland und Sibirien am Fusse der Alpen und der Pyrenäen und war während langer Zeit zusammen mit dem Pferd das Hauptjagdwild der ältesten in Europa eingewanderten Stämme. Es waren muthmaasslich nahe Verwandte der Lappen und Samojeden einerseits, der Eskimo's andererseits. Sie besassen noch keine Hausthiere. Andere Jägerstämme mögen beiläufig um dieselbe Zeit aus Nord-Asien nach Nord-Amerika gelangt sein, sei es über die Behrings-Strasse, sei es über die Aleuten.

Mit dem der europäischen Glacial-Epoche folgenden Wiedereintritt eines milderen Klimas erloschen eine Anzahl von Arten aus der damals über Europa verbreiteten Säugethier-Fauna — sei es vom Wechsel der Witterung und des Pflanzenwuchses betroffen, sei es von der Hand des Menschen eingeengt. So verschwanden der Mammuth und die beiden behaarten Nashörner. In Nord und N.-O. wichen das Renthier, der Lemming u. a. zurück, in Ost die Saiga-Antilope und eine Anzahl von Nagern. Auf die kühleren Höhen der Alpen, Pyrenäen u. s. w. zogen sich die Gemse, der Steinbock, das Murment u. s. w. Die Stelle der erlöschenden Arktiker und der gleichzeitig ausweichenden Arten nahm eine Anzahl neu einwandernder Formen ein. Sie kamen namentlich aus der gemässigten Zone von Sibirien und Süd-Russland. Noch jetzt stimmt die Fauna des ganzen bewaldeten Theils von Sibirien und des Amurlandes vorwiegend mit der von Mittel- und Nord-Europa überein. Von dieser Seite her scheinen

schon seit der Zeit des Forest Bed die meisten Einwanderer nach Europa gelangt zu sein.

Die letzte Landthier-Einwanderung in Europa lässt sich nach EDW. FORBES auf Grund der dazwischen fallenden Hebungen und Senkungen in ältere und jüngere Züge abgliedern. Irland wurde damals durch Bildung eines Meeresarmes früher schon von England als dieses vom europäischen Festland abgetrennt. Dadurch waren viele der im Vorrücken gegen West begriffenen Einwanderer nicht mehr im Stande Irland zu erreichen. Sie bleiben vor dem Meeresarme (St. Georgs-Canal) stehen. Andere Arten, die jetzt in Deutschland, Nord-Frankreich und Belgien sitzen, erreichten auch England nicht, sie kamen zu spät. Sie stiessen auf den Canal la Manche. In England blieben nach FORBES stehen, ohne Irland zu erreichen, der Maulwurf, das Eichhörnchen, der Siebenschläfer und der Feldhase (*Lepus timidus*). Belgien hat nach THOMSON 22, England mit Schottland 11 und Irland nur 5 Arten von Amphibien und Reptilien[1]). In Irland fehlen alle Schlangen, auch die Blindschleiche. (Eine alte irische Legende schreibt St. Patrik die Austreibung der Schlangen und anderen Gewürmes aus Irland zu.)

Wenig aufgehellt sind die Wanderungen der Landthiere aus Europa und Vorder-Asien nach Afrika. Manche Einzelheiten deuten auf einen zeitweisen Zusammenhang, der Wanderungen gestattete.

Bemerkenswerth sind hier mehrere Gattungen, die nie nach Amerika gelangten, *Hippopotamus, Rhinoceros, Camelopardalis* und *Hyaena*. Dabei tritt im oberen Miocän (oder unteren Pliocän) eine westöstlich verlaufende Reihe von Fundorten hervor, zu der namentlich die Sivalik-Berge in Ost-Indien, Pikermi bei Athen, Baltavar in Ungarn u. a. gehören. Sie enthalten eine Säugethier-Fauna, von der ein namhafter Betrag heutigen Afrikanern entspricht. Darunter sind Giraffen, Antilopen, Nashörner, Hyänen u. s. w. Das alles deutet auf eine damalige Wanderung von Landthieren aus Vorder-Asien oder Europa nach Nord-Afrika.

Die Hippopotamen, jetzt allein noch in Afrika mit 1—2 Arten verbreitet, lassen sich bis dahin nur nach Süd-Asien zurückverfolgen. Im oberen Miocän der Sivalik-Berge in Ost-Indien findet sich eine zunächst verwandte etwas primitivere Gattung *Hexaprotodon*, von der das Flusspferd abstammen kann. *Hippopotamus major* CUV. ist eine vom heutigen Nilpferd oder Flusspferd nur wenig verschiedene Art. Sie erscheint auf europäischem Gebiet zuerst im oberen Pliocän des Arno-Thales in Italien. Sie ist dann noch verbreitet im Pleistocän von England, hier u. a. im Forest bed, von Frankreich (hier häufig) und Deutschland (u. a. im Sand von Mosbach, 50° nördl. Br.). Ob diese Art in Europa ein Einwanderer aus Nord-Afrika oder aus Vorder-Asien war, kann dahin gestellt bleiben.

Ein neuerer Fund einer weiteren Flusspferde-Art auf Madagaskar verspricht eine ganz andere Lösung des noch schwebenden Theils der Frage. *Hippop. madagascariensis* ist eine in jugendlichen Bodenabsätzen von Madagaskar vorkommende und also erst sehr spät erloschene Art. Die übrige noch lebende Säugethier-Fauna von Madagaskar hat einen auffallend alterthümlichen Charakter und deutet auf eine in früher tertiärer Zeit — vielleicht während der Oligocän-

[1]) Belgien 13 Amphibien und 9 Reptilien — England und Schottland 6 Amphibien und 5 Reptilien — Irland 4 Amphibien und 1 Reptil.

Epoche — stattgehabte Trennung der Insel vom benachbarten Festland. Ohnehin weisen alterthümliche Charaktere der Gattung *Hippopotamus* eine verhältnissmässig frühe Entstehung zu. Vielleicht fällt hiernach ihr Ursprung nach Afrika und beiläufig in die Oligocän-Epoche — also in ein derzeit noch ganz nebeliges Gebiet.

Die Familie der Giraffen, *Camelopardalidae,* dürfte um die Miocän-Epoche in der alten Welt, vielleicht in Süd-Asien, entstanden sein. *Camelopardalis attica* GAUD. aus dem unteren Pliocän von Pikermi bei Athen zeigt, wie die zahlreich sie begleitenden Antilopen-Arten, weite Wanderungen an, die besonders westöstlich verlaufen sein mögen. Jetzt ist die Gattung *Camelopardalis* nur noch durch eine einzige Art, *C. giraffa,* vertreten und diese findet sich nur im östlichen Afrika, besonders von Nubien an bis zum Capland. Sie scheint ein Einwanderer aus Süd-Europa oder Vorder-Asien zu sein.

Die Hyänen scheinen europäisch-asiatischen Ursprunges zu sein. In dem tertiären Lager von Pikermi treten noch zwei Gattungen auf, die sich zwischen Viverren und Hyänen einschalten. Die Gattung *Hyaena* erscheint übrigens zuerst in eben dieser Pikermi-Fauna. *Hyaena eximia* ROTH *(H. hippparionum* GERV.) von Pikermi und von Cucuron (Dept. Vaucluse) ist verwandt mit der lebenden *H. brunnea* THUNB. von Süd-Afrika.

Von der Säugethier-Fauna Afrika's während der tertiären Periode weiss man wenig oder gar nichts. Von quartären (pleistocänen) Säugethieren führt A. D'ARCHIAC aus Algerien *Elephas africanus* L. und *Bos primigenius* BOJ. auf.

Eine Anzahl von afrikanischen Landbewohnern erscheinen im Verlaufe der quartären Epoche noch vor Beginn der überlieferten Geschichte in einen Theil des heutigen Süd-Europa's eingedrungen. Dies deutet dann auf damals bestandene Landbrücken. Eine mag bei Gibraltar Spanien, eine weiter in Osten Sicilien mit Nord-Afrika verbunden haben. Was letztere betrifft, so verläuft noch jetzt hier ein deutlicher untermeerischer Damm. Die Meerestiefe geht auf dieser Linie nicht unter 40—50 Faden (240—300 engl. Fuss, 91—122 Meter.) Der heute noch lebende afrikanische Elephant, *Elephas africanus* L. *(Loxodon)* findet sich auf Sicilien fossil in Knochenhöhlen und in quartären Flussablagerungen zusammen mit der gefleckten Hyäne *(Hyaena crocuta)* und *Hippopotamus.* Ebenso finden sich Reste vom lebenden *El. africanus* in Andalusien und Granada, sowie bei Madrid.

M a d a g a s k a r weicht nach seiner lebenden Landthier-Fauna stark vom benachbarten Festland Afrika ab und muss als ein eigenes seit langer Zeit von letzterem abgetrenntes Artenbildungs-Gebiet gelten. Bezeichnend sind für Madagaskar die starke Vertretung der Maki's, *Prosimiae,* namentlich der Lemuren und die der hoch gesteigerten Typen ermangelnde Raubthier-Fauna mit ihren vielen Viverriden. Madagaskar muss sich früher von Afrika geschieden haben, als die echten Affen, die Wiederkäuer, die Elephanten, die Nashörner, die Katzen, Hunde, Hyänen u. s. w. in Afrika sich ausbreiteten, bezw. aus Europa oder Asien dahin einwanderten. Diese Trennung mag beiläufig in der Oligocän-Epoche oder im Beginn der Miocän-Epoche angenommen werden, als Afrika noch eine so alterthümliche Säugethier-Fauna besass, wie sie jetzt auf Madagaskar herrscht. Dazu passt auch das Vorkommen einer erloschenen *Hippopotamus*-Art im jungquartären Boden von Madagaskar, da diese Gattung ohnehin zu den in der heutigen Lebewelt alterthümlich und zu einem gewissen Grad primitiv sich ausnehmenden Typen gehört.

A u s t r a l i e n ist seit sehr langer Zeit — vielleicht schon seit der Jura-Epoche

oder mindestens seit der Kreide-Epoche — von allen anderen Festlandgebieten getrennt geblieben und hing wahrscheinlich auch nie mit Neu-Seeland zusammen, wohl aber gegen Norden mit Neu-Guinea und in entfernterer Linie mit einigen Sunda-Inseln.

Seine Säugethier-Fauna besteht ausser zugeflogenen Chiropteren — und vielleicht einigen (alteinheimischen?) kleinen Nagern — nur aus weiter fortgegebildeten Abkömmlingen einer Beutelthier-Fauna, die in der Jura-Epoche Europa und Nord-Amerika, also muthmaasslich auch Asien bevölkerte und aus ein paar Monotremen oder Schnabelthieren von noch primitiverer Stellung. Diese specifisch australische Beutelthier- und Schnabelthier-Fauna ist ausgezeichnet durch den Zustand der Unreifheit, in dem ihre Jungen geboren werden und vertritt eine mittlere Stufe der geologischen Geschichte, die sich nur in einem so abgeschlossenen Gebiete, wo sie vor Mitbewerbung höher begabter Thierarten sicher gestellt war, zu erhalten vermochte. Die Eröffnung einer breiten Festlandverbindung mit Süd-Asien und eine Einwanderung der hochgesteigerten Säugethier-Formen aus dem letzteren Gebiete würde die ärmliche, dem Stillstand verfallene Fauna der Beutelthiere und Schnabelthiere Australiens bald versprengt und wie es in den übrigen Festländern geschehen ist — nahezu oder gänzlich — dem Untergang zugeführt haben.

Australien mit Tasmanien besitzt jetzt 107 lebende Arten von Beutelthieren und Neu-Guinea 10 — ferner von den Sunda-Inseln Amboina 3, Celebes 2 und Timor 1. Neu-Guinea und die umliegenden Inseln haben sicher einst mit Australien zusammen gehangen. Das Vorkommen von Beutelthieren auf einigen Sunda-Inseln erfordert dagegen eine zusammengesetztere Erklärung. (Eine Insel kann z. B. als aus dem Zusammentritt zweier Inseln, einer mit australischer und einer mit asiatischer Befrachtung, hervorgegangen betrachtet werden).

Die ganze Geschichte der Wanderungen der Flora und der Fauna im Verlaufe der Umgestaltung von Festland und Meer und der allmählich zunehmenden polaren Abkühlung des Erdplaneten ist noch ein sehr neues Capitel der natürlichen Geschichte der Lebewelt. Manches von ihr dürfte der Hauptsache nach schon feststehen, wie z. B. die Entzifferung der Wanderung der Mastodonten und der Elephanten. Anderes ist derzeit noch sprödes Material und wird über kurz oder lang zusammenbrechen, um einer richtigeren Erkenntniss Platz zu machen. So der Versuch einer Deutung des Ursprunges und der ersten Wanderungen der Edentaten. Das Capitel überhaupt aber verspricht mit der Zeit eines der reichhaltigsten und wichtigsten Fächer der Geologie und Palaeontologie zu werden.

H. G. Bronn, Untersuchungen über die Entwicklungs-Gesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erdoberfläche. Stuttgart 1858. — F. Unger, Geologie der europäischen Waldbäume. Graz 1869. (Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark. Bd. III. Heft I. 1869). — A. Engler, Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt. 1. Thl. Leipzig 1879. 2 Thl. 1882. — G. de Saporta, die Pflanzenwelt vor dem Erscheinen des Menschen (übersetzt von C. Vogt). Braunschweig 1881. — E. Forbes, On the connection between the distribution of the existing Fauna and Flora of the british Isles and the geological changes, wich have affected their area, especially during the epoch of the Northern Drift. (Memoirs of the geological Survey of Great-Britain. vol. I. 1846). — A. d'Archiac, Leçons sur la Faune Quaternaire. Paris 1865. — L. Rütimeyer, Ueber die Herkunft unserer Thierwelt. Basel und Genf 1867. — O. C. Marsh, Introduction and succession of vertebrate life in America. New York 1878. — O. Schmidt, Die Säugethiere in ihrem Verhältniss zur Vorwelt. Leipzig 1884.

Wasser

siehe am Schluss des Bandes.

Weichthiere (Mollusken)

von

Dr. Friedr. Rolle.

Die Mollusken oder Weichthiere, *Mollusca*, so benannt nach ihrer weichen schlüpfrig-schleimigen Körper-Oberfläche, begreifen eine noch nicht endgiltig festgestellte Zahl von Hauptklassen. Es gehören im weitesten Umfang hierher die Bryozoen, Tunicaten, Brachiopoden, Acephalen, Gasteropoden und Cephalopoden. Darnach würde das Reich der Mollusken sehr weit auseinander gehende Formen umfassen. Allen gemeinsam ist die ungegliederte bilateral-symmetrische Körperbildung. Bei allen stellt der Körper einen einfachen ungegliederten Sack dar, in dessen Höhle die Eingeweide liegen. Metameren oder Segmente treten bei ihnen nicht auf. (Keine Articulation, auch keine ausgesprochene Strahlenbildung.) Nur bei einem Theil (der Mehrzahl) der Gasteropoden und bei den Cephalopoden setzt sich der vorderste Theil des Körpers mehr oder weniger deutlich vom Rumpf ab und bildet einen Kopf mit mehr oder minder hoch entwickelten Sinnes-Organen, namentlich Augen und Fühlern. Die Mehrzahl sind mit einer Schutz gewährenden Kalkschale versehen. Daher auch Schalthiere, *Conchylia*, genannt.

Neuere Zoologen fassen — namentlich auf Grund der Entwicklungs-Geschichte — das Bereich der Mollusken enger, scheiden die niedrigeren Klassen ab und bezeichnen sie als »Molluskoiden«.

Von ihnen haben wir die am niedersten stehende Klasse der Bryozoen bereits als eigenen Artikel abgehandelt (I. pag. 89).

Die Tunicaten oder Mantelthiere, *Tunicata*, nehmen nach E. Häckel richtiger ihre Stelle zwischen Würmern und Fischen ein. Sie sind noch nicht in sicheren Fossil-Resten nachgewiesen und wir begnügen uns daher in Erinnerung zu bringen, was wir bereits von der Beziehung zwischen gewissen Tunicaten und den niedersten Formen der Fische erwähnten (I. pag. 408).

Weit wichtiger ist für uns die umfangreiche, besonders in den älteren und den mittleren geologischen Epochen reichlich vertretene Klasse der Brachiopoden oder Armfüssler, *Brachiopoda (Spirobranchia)*. Sie wurde von Lamarck und Cuvier dem Reich der Mollusken zugetheilt, aber E. Häckel und andere neuere Zoologen weisen ihr auf Grund ihres sehr eigenthümlichen Bauplanes und ihrer Entwicklungsgeschichte eine gesonderte Stellung an und nähern sie den Bryozoen und Würmern.

Die Brachiopoden sind im Allgemeinen symmetrische und zweischalige Mollusken mit zwei freien Lappen, den Mantellappen, welche die den weichen Körper schützenden Schalenhälften absondern. Hierin gleichen sie den Acephalen oder eigentlichen Muschelthieren. Aber schon die Anordnung der beiden Schalenhälften ergiebt einen durchgreifenden Unterschied. Sie entsprechen bei den Brachiopoden der Rücken- und der Bauchseite des Thieres, bei den Acephalen dagegen der rechten und der linken Körperhälfte. Dabei ist das Thier der

Brachiopoden mit zwei spiral gerollten Mundanhängen versehen, den sogen. Armen *(brachia)*, die häufig noch auf einem eigenthümlichen Kalkgerüst ruhen. Kalkschalen von Brachiopoden nnd Acephalen sind darnach auch in fossilem Zustande unter allen Umständen von einander zu unterscheiden. Die Entwicklungsgeschichte der Brachiopoden aber nähert sie mehr den Bryozoen und den Würmern als den Acephalen.

Alle Brachiopoden sind Meeresbewohner und ein Theil derselben bewohnt ansehnliche Meerestiefen, wenige reichen bis nahe unter die niederste Ebbegrenze.

Sie heften sich in einer gewissen Altersstufe an Felsen oder andere feste Gegenstände des Meeresbodens, entweder mittelst eines eigenen sehnigen Stieles oder mittelst unmittelbarer Anklebung der einen Schalenhälfte. In letzterem Fall wird ihre Schale dann mehr oder minder unregelmässig. Andere liegen — wenigstens im erwachsenen Zustande — frei auf dem Meeresboden.

Die Brachiopoden entbehren gleich den Acephalen einen vom Rumpf gesonderten Kopf und besitzen an dessen Stelle nur einen Mund. Sie entbehren auch den sogen. Fuss der Acephalen.

Das Thier entwickelt in einer frühen Stufe des Larvenzustandes zwei freie Mantel-Lappen, welche darnach die beiden Klappen der Schale absondern. Dieser Mantel ist ein dünnes fast durchscheinendes an Blut-Gefässen reiches Blatt, welches mit der äusseren Seite an der Schale ziemlich fest angeheftet ist und wahrscheinlich bei der Athmung wesentlich betheiligt ist. Auf jeden Mantellappen kommen gewöhnlich zwei starke symmetrisch angeordnete Gefässe, die sich theils nach vorn, theils seitlich verästeln. Oft ist der Verlauf dieser Blutgefässe auch an der Innenseite der Schale noch durch entsprechende Einfurchungen deutlich wiedergegeben. Diese finden sich dann oft auch an fossilen Exemplaren noch erhalten und zwar an Steinkernen in convexer Form, so bei den Gattungen *Rhynchonella* und *Strophomena*. Bei ersterer Gattung entspringen die Gefässeindrücke in jeder Klappe aus zwei Hauptstämmen, die zur Seite zahlreiche Aeste und Zweige abgeben. Bei *Strophomena* theilen sich die beiden Hauptstämme in zahlreiche gegen den Schalenrand ausstrahlende und vor diesen sich zertheilende Aeste.

Der Mund liegt bei den Brachiopoden in der Mediane. Ihn umgeben eine Oberlippe und eine Unterlippe, zuweilen auch zahlreiche Fühler, sowie die für die Klasse bezeichnenden zwei grossen fleischigen spiral eingerollten seitlichen Anhänge oder sogen. Arme.

Diese Mundanhänge sind mit einem breiten Saum von beweglichen Fransen besetzt und mit Blutgefässen versehen. Sie dienen dem Thier sowohl zur Herbeistrudelung von Nahrungsstoffen, als auch zur Athmung. Sie sind jederseits in einer mehr oder minder langen kegeligen Spirale eingerollt und bei den Spiriferiden mit der Spitze gegen die Seiten gewendet, bei den Atrypiden aber mit der Spitze gegen die grössere Klappe oder Schnabelklappe gerichtet. Häufig und namentlich bei den beiden eben genannten nur fossil vertretenen Familien wurden sie durch einen am Schlossrande der Deckel-Klappe befestigten Apparat von zarter Kalkmasse, das sogen. Armgerüste, gestützt und konnten daher wohl nicht ausgestreckt werden. Die Bedeutung der Spiralanhänge der Brachiopoden hat Zoologen und Paläontologen vielfach beschäftigt. Jedenfalls ist die Bezeichnung »Arme« wenig zutreffend. Sie dienen wenigstens nicht zum Greifen. Mit besserem Grunde betrachtet man sie als Stellvertreter *(homologa)* des Lopho-

phors der Bryozoen (I. pag. 92) und der fühlerförmigen Mundanhänge der Acephalen, die zur Nahrungszufuhr dienen. Sie mögen aber auch wohl an der Athmung theilnehmen, um so mehr als sie Blutgefässe führen.

Die Schalen der Brachiopoden entsprechen der Rückenfläche und der Bauchfläche des Thieres. Der Sprachgebrauch schwankt aber in dieser Hinsicht.

Meist sind die Schalen sehr ungleich an Gestalt und Grösse. Die eine der beiden Klappen ist in der Regel, wie bei *Terebratula, Rhynchonella, Spirifer* u. s. w. grösser und dabei am Wirbel schnabelartig verlängert und etwas eingekrümmt. Dies ist die Schnabel-Klappe. Der Schnabel hat dann gewöhnlich eine Oeffnung, die mehr oder minder kreisrund ist, auch wohl statt dessen einen medianen Spalt darstellt. Häufig ist wie bei den Terebratuliden das Schnabelloch rund und durch einen besonderen dreiseitigen Schalentheil, das Deltidium, vom Schlossrande getrennt. Aus dieser Schalenöffnung tritt ein aus Muskelfasern bestehender Stiel hervor, mittelst dessen das heranwachsende Thier sich an einer untermeerischen Grundlage anheftet.

Diese grössere mit durchbohrtem Schnabel versehene Klappe heisst nach L. von Buch Rückenschale, Dorsale — nach R. Owen dagegen Bauchschale oder Ventrale (Owen's Benennung gründet sich auf die Anordnung des Nerven-Systems).

Bei den meisten Brachiopoden *(Brachiopoda testicardines)* besitzt die Schale ein articulirtes Schloss *(cardo)* in der Nähe des Wirbels und Schnabels.

Die grössere Klappe oder Schnabelklappe trägt unter dem Wirbel zwei zahnartige Vorsprünge, die Schlosszähne. Sie sitzen oft auf plattenförmigen Unterlagen, den Zahnstützen, die besonders bei *Pentamerus* stark entwickelt sind. Die Schlosszähne treten in zwei gegenüber liegende Gruben der kleineren Schale oder Deckelklappe, die Zahngruben. Dieses Schloss verbindet beide Klappen sehr fest mit einander, so dass sie nur auf und ab zu bewegen sind — ohne eine seitliche Verschiebung zu gestatten.

Ein Schlossband oder Ligament fehlt immer. Unvollständig ist das Schloss der Familie *Productidae*. Es giebt auch Brachiopoden, bei denen ein Schloss fehlt *(Brachiopoda ecardines)* wie *Lingula, Obolus, Discina* u. a.

Das zur Stütze der spiralen Mundanhänge oder Arme dienende sogen. Armgerüste ist kalkig, aber dünn. Es entspringt aus der Deckelklappe oder kleineren Klappe, (der Dorsale nach R. Owen). Es findet sich besonders bei vier Familien der mit einem Schloss ausgestatteten Brachiopoden, nämlich bei den Spiriferiden, Atrypiden, Rhynchonelliden und Terebratuliden. Bei den Spiriferiden und Atrypiden stellt das Armgerüste zwei kegelförmige Spiralen dar, die an der Wirbelgegend der Deckelklappe entspringen und einen grossen Theil der Schalenhöhlung einnehmen, sie liegen in gerader Linie bei den Spiriferiden, in zwei gleichlaufenden Linien bei den Atrypiden. Bei den Rhynchonelliden ist das Armgerüst am einfachsten. Es sind nur zwei einfache kurze meist etwas gekrümmte stabförmige Fortsätze *(crura)*. Sie gehen von den Schlossplättchen der kleineren Schale aus. Bei den Terebratuliden ist das Armgerüst ein auf eben solche Fortsätze gestütztes, fast in Form einer Schlinge gebogenes Band, die sogen. Schleife oder Armschleife. Diese verschiedenen Gestalten erhält man besonders schön bei Behandlung von verkieselten Exemplaren mit Salzsäure, wie sich deren besonders im oberen Jura zu Nattheim finden.

Die schlosslosen Brachiopoden, wie *Lingula* und *Discina*, haben kein Armgerüste. Bei ihnen können die fleischigen Spiralarme am vollkommensten aufgerollt und ausgestreckt werden.

Das Oeffnen und Schliessen der Schale geschieht durch eigene Muskeln. Es dienen dazu mehrere starke seidenartig glänzende Stränge. Man unterscheidet unter ihnen — bei den mit Schloss versehenen Brachiopoden 1. Schliessmuskeln, *adductores*, welche durch ihre Zusammenziehung das Gehäuse schliessen. 2. Schlossmuskeln, Oeffnungsmuskeln. Sie gehen in der Deckelklappe vom Schlossfortsatz aus und dienen zum Oeffnen des Gehäuses. Diese Muskeln heften sich an die Innenseite der Schale und erzeugen hier mehr oder weniger deutliche Vertiefungen, die Muskeleindrücke.

Bei den Brachiopoden mit Stielmuskel zur Anheftung an äusseren Gegenständen theilt sich dieser noch in besondere Stränge, *adjustores*, welche sich im Inneren der Schnabelschale ansetzen.

Gleichgestaltet und fast gleichgross sind die beiden Schalenhälften bei der schlosslosen Gattung *Lingula*, aber auch bei dieser ergeben sich bei genauerer Untersuchung einige mehr oder weniger auffällige Verschiedenheiten am Wirbelrand und auf der Innenseite der Klappen. Anheftung des Gehäuses und Anordnung der schliessenden und öffnenden Muskeln sind bei den schlosslosen Brachiopoden von sehr mannigfacher Art.

Die Schalen der Brachiopoden bestehen in der Regel aus Kalk (Kalkspath) in langen dichtgedrängten, etwas abgeplatteten Prismen, die schräg zur Oberfläche derselben stehen. Sie zeigen darnach eine faserige Struktur mit seidenartig glänzendem Bruch. Die Schalen einiger Gattungen erscheinen punktirt. Sie sind von feinen Canälchen senkrecht durchzogen, in welche feine Mantelfortsätze hineinreichen, ohne aber die Schale ganz zu durchsetzen. Aus Lagen von dichtem Kalk — ohne Faserung, aber mit Canälchen — besteht die Schale bei der Gattung *Crania*. Seltener — bei den Familien *Lingulidae* und *Discinidae* — besteht die Schale aus wechselnden Lagen von Mineralsubstanz, hier phosphorsaurer Kalkerde und einer firnissglänzenden, hornartigen, organischen Substanz, welche letztere die Oberfläche bildet. Auch die Schalen der fossilen Vertreter zeichnen sich noch durch starken Glanz aus.

Was die Entwicklungsgeschichte der Brachiopoden betrifft, so kommen die Larven derselben mehr mit denen der Bryozoen und mancher Würmer, u. a. der Anneliden überein als mit denen der typischen Weichthiere. Die frei schwimmende Larve der Gattung *Argiope* zeigt einen ovalen in drei Abschnitte (Segmente, Metameren) gegliederten Körper. Das vordere oder Kopf-Segment hat die Form eines Schirmes. Es ist kurz bewimpert und trägt am Rande noch einen Kranz von längeren Geiselhaaren. An dem gewölbten Vorderende stehen zwei Paar Augen. Vom vorderen Ende des Mittelsegmentes ragen nach hinten die Mantel-Lappen. Sie tragen zwei Paar nach hinten gerichtete Borstenbüschel. Das hintere Segment ist am kleinsten und besitzt keine besonderen Auszeichnungen. Nach einiger Zeit von freiem Umherschwärmen setzt sich die Larve mit dem hinteren Körperabschnitt auf irgend einer Unterlage unter dem Meeresspiegel fest. Das Endsegment verwandelt sich dann in einen Stiel, den aus Muskelfasern bestehenden Anheftungsfortsatz. Hierauf wenden sich die Mantellappen nach vorn und umfassen das Kopfsegment. Darnach scheiden dieselben an ihrer Aussenfläche die anfangs zarten hornigen Schalen ab. Später werden die Schalen kalkig und zugleich fester. Die vier Borstenbüschel gehen nun verloren. Dafür entwickeln sich am Mantelrande bleibende Borsten. Dann bildet sich am Kopflappen ein Mund aus und darnach entwickeln sich an demselben die Fühler oder Tentakeln.

Die wenigen noch lebenden Brachiopoden-Gattungen *Lingula*, *Discina*, *Tere-*

bratula, Rhynchonella, Argiope, Crania, Thecidium u. a. — sind nur die letzten Nachzügler des formenreichen Heeres, welches vom Silur an bis gegen Schluss der Kreide-Epoche die Meeresgewässer belebte und in zahlreichen Lagern grosse Mengen fossiler Reste hinterliess. Schon in den cambrischen Schiefern kennt man *Lingula*-Abdrücke. Reich ist die Zahl der Gattungen in der untersilurischen Primordial-Zone, wo *Lingula, Obolus, Discina, Orthis* auftreten. Aber vorherrschend in Arten- und Individuen-Zahl erscheinen sie erst in den darüber folgenden silurischen Kalklagern. Durch alle Formationen vom Silur an bis in die Meere der Jetztwelt reichen mit geringen Abänderungen die Gattungen *Lingula, Discina, Crania, Rhynchonella*. Im Jura-System erscheint ein ungeheurer Artenreichthum, aber zumeist nur aus den Familien *Terebratulidae* und *Rhynchonellidae*. Hier erlöschen die Gattungen *Spirifer* und *Leptaena*, sie erscheinen zum letzten Mal im Lias. Gegen Ende des Kreide-Systems wird die Brachiopoden-Fauna merklich ärmer. In den marinen Tertiär-Ablagerungen spielen die Brachiopoden bereits dieselbe unbedeutende Rolle wie noch jetzt in den Meeren, sie verschwinden hier fast unter der Ueberzahl der Muscheln und Schnecken.

Man zählt in den Meeren der Jetztwelt im Ganzen etwa 100—125 lebende Arten von Brachiopoden. Die Zahl der bekannt gewordenen fossilen Arten mag sich auf etwa 2500, wenn nicht schon 3000 belaufen.

Alle Brachiopoden sind Meeresbewohner und zwar kommen sie je nach Gattung und Art theils an seichten Meeresstellen unmittelbar entlang der Küste vor, theils reichen sie in grosse Meerestiefen hinab. *Lingula*- und *Discina*-Arten finden sich besonders im seichten Wasser von der Ebbelinie an bis gegen 18 Faden (33 Meter) Tiefe. Die überwiegende Mehrzahl der Arten der mit einem Schloss versehenen Brachiopoden leben in Tiefen von 50—100 Faden (91½—183 Meter). Einzelne Brachiopoden leben noch in Tiefen von 1500 bis 2000 Faden (2743—3657 Meter) und tiefer.

Die Brachiopoden begreifen zwei Ordnungen. Die primitivere sind die schlosslosen, *Ecardines, Pleuropygia*. Es sind Brachiopoden, deren Schalenhälften nicht durch ein articulirtes Schloss verbunden sind. Die Klappen werden nur durch die Muskeln zusammengehalten. Ein Armgerüste fehlt. Die Schale oft aus hornartiger Masse bestehend. Der Darm mündet an der rechten Seite in die vordere Mantelhöhle. Hierher gehören die Gattungen *Lingula, Obolus, Discina, Crania* u. a.

Bei der Gattung *Lingula*, Fam. *Lingulidae*, sind die Schalenhälften fast gleichgross, niedergedrückt, länglich-vierseitig oder länglich-oval. Das Thier ist mit einem langen musculösen Stiel, der zwischen den beiden Wirbeln derselben hervortritt, an Fels oder andere Grundlage befestigt. Die Schale besteht aus abwechselnden Lagen von Mineralsubstanz (phosphorsaurer Kalkerde) und von glänzender hornartiger Substanz. Die Gatt. *Lingula* beginnt schon in der cambrischen Stufe. Einige Arten treten hier in ungeheuerer Individuen-Zahl auf, so in den sogen. Lingula-Flags von Grossbritannien. Heute leben die Lingulen meist in tropischen Meeren und zwar in geringen Tiefen, z. Th. an der Ebbe-Linie. Cambrische *Lingula*-Arten sind zum Theil von heute lebenden nur schwer zu unterscheiden.

Die Gatt. *Obolus*, Fam. *Obolidae*, hat eine rundliche etwas ungleich-klappige Schale. Eine Furche im Schlossrand entspricht dem Austritt des Anheftungsstieles. Die Arten sind silurisch. *Obolus Apollinis* EICHW. erfüllt den sogen. Un-

guliten-Sandstein (Primordialzone) bei St. Petersburg mit ihren glänzenden Schalen, die reich an phosphorsaurer Kalkerde sind.

Die Familie *Discinidae* hat ungleich-klappige glänzende hornige Schalen. Die untere Klappe ist in der Mitte oder in der Nähe des hinteren Randes durchbohrt für den Austritt des Stieles. Bei der Gatt. *Discina (Orbicula)* ist die Schale kreisrund, die untere Klappe — also die Ventrale nach R. OWEN — ist flach oder etwas gewölbt, die obere kegel- oder napfförmig. Die Arten beginnen mit der untersilurischen Stufe. Etwa 10 Arten leben noch, besonders in wärmeren Meeren und meist in geringer Tiefe.

Die Gatt. *Crania,* Fam. *Craniadae,* hat eine ungleichklappige Schale von dichter Kalkmasse, welche zahlreiche feine Canälchen durchsetzen. Die untere Klappe — oder Ventrale nach R. OWEN — ist auf Fels oder anderer fester Grundlage aufgewachsen, die Deckelklappe aber mehr oder weniger napf- oder kegelförmig gewölbt. An der Innenseite beider Klappen erscheinen je vier starke Muskeleindrücke (welche zusammen eine todtenkopfartige Zeichnung darstellen) und vor diesen noch fingerförmige Gefässeindrücke. Die Arten beginnen schon im silurischen System und reichen bis in die heutige Meeresfauna. Häufig sind sie in den Spongitenschichten des oberen Jura und noch mehr in der weissen Kreide. Vier Arten leben noch, drei an Europa, in 25—100—150 Faden (45—183—274 Meter) Tiefe.

Die zweite Ordnung, *Testicardines, Apygia* begreift diejenigen Brachiopoden, deren Klappen durch ein Schloss mit einander articuliren. Schale kalkig. Mit oder ohne Armgerüste. Der Darm endet blind. Hierher gehört die Mehrzahl der Familien, Gattungen und Arten, namentlich die Spiriferen, Rhynchonellen und Terebratulen.

Bei der Fam. *Productidae* ist die Schale entweder ganz frei oder mit der grossen gewölbten Klappe festgewachsen. Die kleinere Deckelklappe ist flach oder etwas ausgehöhlt. Schlosslinie gerade. Beide Klappen sind entweder wie bei *Chonetes* mit einem gezähnten Schloss versehen oder es ist wie bei *Productus* ein Schlossrand mit einem Schlossfortsatz der Deckelklappe vorhanden. Kein Armgerüste, aber zuweilen noch in der Schnabelklappe schwache spirale Eindrücke der (nicht fossil erhaltenen) Arme. Oberfläche ganz oder wenigstens der Schlosslinie entlang mit röhrigen Stacheln besetzt. Die Productiden beginnen im Silur-System und die letzten erlöschen mit dem Zechstein.

Die artenreiche Gatt. *Productus* hat eine meist freie, seltener angeheftete Schale. Die grössere stark gewölbte Unterklappe hat einen grossen eingekrümmten undurchbohrten Wirbel. Oberfläche mehr oder minder, besonders in der Schlossgegend mit hohlen röhrenförmigen Stacheln besetzt. Zuweilen zeigt die Ventrale noch Abdrücke der Spiralarme in der Nähe des Vorderrandes. Die Mehrzahl der Arten finden sich im Kohlenkalk, die letzten im Zechstein. Vergl. *Productus semireticulatus* FLEM. (Carbon. System. I, pag. 122).

Die gleichfalls ausgestorbene Familie *Strophomenidae* hat ein Schloss mit Zähnen, der Schnabel ist entweder durchbohrt oder geschlossen, die Schlosslinie lang und gerade. Kein Armgerüste. Aber bisweilen sind noch Abdrücke der Spiralarme an der Ventrale erkennbar. Diese umfangreiche Familie mit den Gattungen *Orthis, Orthisina, Strophomena, Leptaena* u. a. ist fast ganz auf die paläozoischen Ablagerungen beschränkt. Einige *Leptaena*-Arten finden sich noch im oberen Lias.

Die in den paläozoischen Systemen zahlreich verbreitete Familie *Spiriferidae*

hat gewölbte Deckel- und Schnabelklappe. An der inneren Seite der kleineren oder Deckelklappe sitzt das kalkige Gerüst der spiralen Mundanhänge. Von den zwei Kegeln desselben wendet sich der eine nach rechts, der andere links. Hierher gehören die Gattungen *Spirifer, Spiriferina, Spirigera, Uncites* u. a.

Bei *Spirifer* ist die Schale bald in der Breitenachse (von rechts nach links) gestreckt, bald mehr kugelig, die Schnabelschale gewöhnlich mit einer medianen Einsenkung oder Bucht, die kleinere Klappe mit einer entsprechenden mittleren Wölbung versehen. Der Schlossrand ist gerade. Der Schnabel ist zugespitzt, entweder gerade oder eingekrümmt. Unter demselben findet sich eine dreieckige Oeffnung, welche sich mit dem Alter allmählich von oben herab schliesst. Die Schalenoberfläche ist bald gerippt, bald gestreift, bald glatt. Die Gatt. *Spirifer* erscheint mit grossem Artenreichthum im silurischen und im devonischen System, auch noch im Kohlenkalk, aber mit abnehmender Zahl im Zechstein und in der Trias. Vergl. *Spirifer speciosus* GOLDF. (Dev. Syst. I, pag. 221) *Spir. macropterus* GOLDF. (Ebenda, pag. 221) *Spir. striatus* SOW. (Carb. Syst., pag. 122) und *Spir. glaber* SOW. (Ebenda, pag. 122).

Wenig weicht von *Spirifer* die Untergattung *Spiriferina* ab. Die Schale ist punktirt, die Oberfläche meist mit feinen Röhrchen bedeckt. Der Schlossrand ist gebogen. Die Arten beginnen im Kohlenkalk und sind im Lias noch vertreten.

Spirigera hat eine kugelige oder ovale Schale. Der Schnabel ist mit einer runden Oeffnung versehen. Die Arten zahlreich in den paläozoischen Systemen, einzeln noch in der alpinen Trias. *Spirigera concentrica (Terebratula concentrica* BUCH) ist häufig im devonischen Kalk zu Gerolstein u. a. O. in der Eifel.

Bei der Familie *Atrypidae* ist die Schale doppelt gewölbt. Die beiden Spiralkegel des Armgerüstes sind am Schlossrande der kleineren Schale befestigt und wenden ihre Spitze gegen die Mitte der grösseren Schale oder Deckelklappe. Dahin gehört namentlich die Gattung *Atrypa (Spirigerina)*, deren Arten vom unteren Silur-System an zahlreich verbreitet sind und in der Trias erlöschen. *Atrypa reticularis* GMEL. *(Terebratula prisca)* ist gerippt mit mehr oder weniger schuppiger Anwachsstreifung. Diese Art ist im oberen silurischen und im unteren und mittleren devonischen System verbreitet und an vielen Fundorten überaus häufig. Bei *Atr. aspera* SCHLOTH. sind die Rippen spärlich, die Anwachslinien schuppig gesträubt. Sie begleitet vorige.

Bei der artenreichen sehr wichtigen Familie *Rhynchonellidae* sind beide Klappen gewölbt, der Schlossrand gebogen. Der Schnabel der grösseren Klappe spitz, vorstehend oder eingekrümmt. Unter ihm befindet sich ein Deltidium mit einer runden, meist davon umschlossenen Oeffnung. Das Armgerüst besteht bei dieser Familie aus zwei einfachen kurzen Fortsätzen *(crura)* der Deckelklappe. Hierher gehören die Gattungen *Rhynchonella, Camaraphoria, Pentamerus* u. a.

Bei der Gattung *Rhynchonella* ist die Schale gewöhnlich vom Wirbel aus radial gefaltet. Die grössere oder Schnabelschale in der Mitte meist eingesenkt, an der Stirn mit entsprechender Bucht, die kleinere Klappe mit entsprechendem medianen Wulst versehen. An Steinkernen sind oft die Abdrücke der hier von zwei Hauptstämmen ausgehenden Blutgefässe des Mantels deutlich erhalten. Man kennt etwa 500 Arten von *Rhynchonella*. Die ältesten zeigen sich im unteren Silur-System, am artenreichsten ist die Gattung im Jura vertreten, in den Tertiär-Ablagerungen finden sich nur noch wenige. Lebend kennt man sechs Arten. *Rhynchonella psittacea* LIN., ist eine arktische und circumpolare

Art die auch im britischen Meer in 30 Faden (55 Meter) Tiefe lebt. Fossil findet sie sich in den Glacial-Ablagerungen von Schottland und Canada. *Rhynch. lacunosa* BUCH, ist eine in den Spongiten-Schichten des oberen Jura's von Schwaben und Franken häufige Art. Die Schale ist feiner oder gröber gerippt, oder gefaltet, der Schnabel langhalsig. Nach der Schalenform und Berippung erscheinen zahlreiche Varietäten.

Die paläozoische Rhynchonelliden-Gattung *Pentamerus* ist ausgezeichnet durch ungewöhnlich kräftige Entwicklung von Zahnplatten und Mediansepten im Inneren der Schale. Die grössere oder Schnabel-Klappe ist stark gewölbt, der Schnabel spitz, mit dreieckiger Oeffnung. Die zwei Zahnplatten dieser grösseren Klappe vereinigen sich gegen vorn und bilden hier ein medianes Septum. Dem entsprechen zwei Septen der kleineren Klappe. Steinkerne brechen gern in fünf Stücke. *Pentamerus Knighti* Sow., mit zahlreichen einfachen scharf gekielten, vom Wirbel ausstrahlenden Rippen ist eine wichtige Art des oberen Silur-Systems und findet sich in England, Schweden, Böhmen u. a. O.

Die Familie *Stringocephalidae* begreift nur die einzige Gattung *Stringocephalus* mit zwei paläozoischen Arten. Die Schale ist doppelt gewölbt, oft fast kugelig, die Stirn ohne Bucht, der Schnabel der grösseren Klappe ist spitz und vorragend eingebogen. Unter ihm liegt ein Deltidium mit rundlicher Oeffnung. Der innere Apparat ist von sehr eigenthümlicher Art. Der Schlossfortsatz der kleineren Schale ist ungewöhnlich gross und reicht fast bis zur grösseren Schale. Vom Schlosse derselben kleineren Klappe geht eine auf Träger *(Crura)* gestützte bandförmige Brachial-Schleife aus, welche bis nahe zur Stirn reicht und dem Schalenrand entlang verläuft. Ihr Innenrand ist gefranzt. Diese Familie schliesst sich nahe an die Terebratuliden an. *Stringocephalus Burtini* DEFR. ist ein wichtiges devonisches Leit-Fossil. (Vergl. Dev. Syst., I. pag. 221). Eine andere Art findet sich schon in der oberen silurischen Stufe von Böhmen.

Bei der Familie *Terebratulidae* ist die Schale punctirt und bald glatt, bald gestreift, bald gefaltet. Der Schnabel der grösseren Klappe ist durchbohrt, das Loch rund. Unter dem Loche findet sich ein Deltidium oder dreieckiges Feld, welches dasselbe vom Schlossrande trennt. Das Armgerüste besteht aus den beiden am Schlossrande der kleineren Klappe befestigten Trägern *(crura)*, und den beiden bandförmigen Schenkeln, die sich vorn zurückbiegen und eine Schleife bilden. Hierher gehören die Gattungen *Terebratula, Waldheimia, Terebratulina, Terebratella, Megerlea, Magas* u. a.

Die Gattung *Terebratula* hat eine ovale länglichrunde oder kreisrunde Schale. Sie ist stets glatt. Aber meist bildet sich mit dem Alter in der Stirngegend der kleineren Klappe eine mediane Einsenkung oder Bucht, welche an den Seiten je eine Falte abgrenzt. Dem entsprechend entsteht dann auf der grösseren Klappe ein medianer Wulst. Die so gestalteten Arten heissen Biplicaten, *Terebratulae biplicatae*. Bei anderen Arten ist die Stirnlinie gerade oder nur wenig gebogen. Das Armgerüste mit der Schleife nimmt nur ein Drittel der Schalenlänge ein.

Diese Gattung, *Terebratula* im engeren Sinne beginnt in der Trias und erscheint im Jura-System und im Kreide-System artenreich vertreten, spärlicher in tertiären Schichten und der heutigen Meeresfauna. *Ter. insignis* ZIET., im oberen Jura von Nattheim in Schwaben und *Ter. grandis* BLUMENB., im oberen Oligocän von Westphalen sind bekannte Beispiele. *Ter. vitrea* LIN. lebt im

Mittelmeer in ziemlicher Tiefe und findet sich fossil in den oberen Tertiär-Schichten derselben Gegend (Morea).

Waldheimia begreift verschiedengestaltete Terebrateln mit sehr langem fast zur Stirn reichendem Armgerüste. Die kleinere Klappe mit einer medianen Scheidewand. Arten vom Lias an fossil, mehrere noch lebend. *W. flavescens* LAM. lebt zahlreich an Australien in seichtem Wasser, in ein paar Meter Tiefe.

Terebratulina D'ORB., begreift länglichovale feingestreifte Terebrateln mit sehr kurzer ringförmiger Schleife. Arten vom Jura an bis in die heutige Meeres-Fauna reichend. *Terebratulina caput serpentis* LINN., lebt an Norwegen, im britischen Meer und im Mittelmeer (25—100 Faden Tiefe, 45—183 Meter) und findet sich fossil im Miocän von Turin u. a. O. Sehr ähnliche Arten finden sich in Jura und Kreide, namentlich *Ter. striatula* Sow., in der oberen Kreide-Formation von Sussex, Strehlen in Sachsen u. a. O.

Nach Ausschluss der Brachiopoden bleiben für das Reich der Mollusken im engeren Sinn nur noch die Klassen der Acephalen, der Gasteropoden und der Cephalopoden.

Von ihnen nehmen die Gasteropoden die primitivere Stelle ein, namentlich deren ungestört symetrische Formen, wie die Chitonen, die Fissurellen, die Patellen u. s. w. Vom Urstamm der Schnecken haben sich in einer geologisch sehr frühzeitigen Epoche die Acephalen abgezweigt. Sie gingen eine rückschreitende Umbildung ein, bei der sie den Kopf verloren. Andererseits hat sich und wiederum in einer sehr frühen Zeit die Klasse der Cephalopoden abgelöst. Sie gingen von den Pteropoden oder Flossenfüssern aus, entwickelten sich frühzeitig schon zu einer höheren Organisationsstufe und bildeten den Kopf und seine Sinnesorgane zu einer Vollkommenheit aus, wie sie sonst bei wirbellosen Thieren nie erreicht wird. Uebrigens sind diese Vorgänge aus dem uns vorliegenden geologischen Archiv nicht zu erweisen, sondern nur aus anatomischen und gewissen entwicklungsgeschichtlichen Gründen zu entwerfen.

Die Klasse der Acephalen oder Muscheln, *Acephala* (Blattkiemer, *Lamellibranchia*, Beilfüsser, *Pelecypoda* u. s. w.) begreift kopflose zweischalige Weichthiere mit grossem in zwei seitliche Lappen gespaltenem, oft auch sackartig verwachsendem Mantel, welcher die beiden den weichen Körper beschützenden Klappen der Schale absondert. Die Mantellappen und die beiden Schalenhälften entsprechen der rechten und der linken Körperhälfte. (Vergl. Brachiopoden, oben pag. 437). Unter dem Mantel liegen die gleichfalls paarig entwickelten Kiemenblätter. Mund und After liegen zwischen den Kiemen in der Mediane des Thieres und der Schale — der Mund vorn, der After hinten. Meist erscheint in der Mediane auch noch ein mehr oder weniger entwickelter musculöser Fuss. Er liegt zwischen Mund und After und ist gegen vorn gerichtet.

Alle Acephalen sind Wasserbewohner, die meisten bewohnen das Meer, einige leben an der Ebbegrenze, andere etwas tiefer zwischen den Laminarien, einzelne finden sich noch in den grössten Tiefen. Die Mehrzahl besitzen nur geringe Fähigkeit der Ortsbewegung, wenige schwimmen, einige wachsen mit der einen Klappe an einer Unterlage fest wie die Austern, noch andere wie namentlich die Pholaden bohren sich in Kalkstein u. dergl. und verlassen die selbst gegrabene Höhlung nie mehr. Noch andere heften sich durch ein starkes Fadengespinnst, den Byssus, für die Dauer an festen Gegenständen an. Die Minderzahl der Acephalen-Arten bewohnt das süsse Wasser, andere bevorzugen das Brackwasser.

Die Acephalen entbehren gleich den Brachiopoden einen vom Rumpf gesonderten Kopf und besitzen an dessen Stelle nur einen vorn in der Mediane gelegenen, mit lappenförmigen Anhängen oder Fühlern versehenen Mund. Die Fühler entsprechen den sogen. Spiralarmen der Brachiopoden. Wie bei letzteren ermangelt der Mund noch besonderer Kauwerkzeuge.

Das Thier entwickelt frühe zwei freie Mantellappen, welche darnach die beiden am Rücken desselben verbundenen Klappen der Kalkschale absondern. Der Mantel überhaupt ist eine paarige weiche mit Blutgefässen versehene Hautfalte, welche von beiden Seiten des Rückens ausgeht und die übrigen Weichtheile wie ein Umschlag einhüllt.

In vielen Fällen sind die beiden Lappen des Mantels frei d. h. an der Bauchseite des Thieres vollständig getrennt. So bei den Austern und Anomien. Die Mantelblätter können aber auch mehr oder weniger verwachsen. Dies beginnt bei den Homomyariern und zwar an deren Hinterseite, wie bei *Chama*. Bei anderen Acephalen nimmt die Verwachsung zu. Alsdann erscheint das Thier wie in einen Sack, der nur vorn und hinten offen bleibt, eingeschlossen. Es bleibt dann an der Unterseite gegen vorn oft nur ein enger Mantelschlitz für den Austritt des Fusses, sowie am Hinterende zwei Oeffnungen, eine untere für den Zutritt des Wassers zu den Kiemen (die Einströmungsöffnung) und eine obere Oeffnung für den Austritt des Wassers und die Ausführung der Ausscheidungsstoffe (die Ausströmungsöffnung). Alsdann sind die Mantelränder der beiden hinteren Oeffnungen zuweilen noch zu Röhren oder Siphonen verlängert. Dieser Charakter bedingt die Ordnung der Siphoniaten, *Siphoniata*. Die Siphonen verlaufen bald getrennt neben einander, bald sind sie mehr oder minder weit an einander geheftet.

Die Mantelblätter liegen mit ihrer Aussenfläche bis zu einer gewissen Grenze dicht an den Schalenhälften, die sie absondern. An dieser Grenze — in der Nähe des Randes — heften sich die Mantellappen durch Muskelfasern an die Schale an. Hierdurch entsteht an der Innenseite der letzteren eine mehr oder weniger ausgeprägte Linie — der Mantel-Eindruck oder die Mantel-Linie. Ueber diese Grenzlinie hinaus ragt der freie Mantel-Saum hervor.

Die Gestaltung der Mantellinie auf der Innenfläche der Kalkschale ist für die Deutung leerer Schalen, also auch aller fossilen Funde, von grossem Belang.

Bei den Asiphoniern und bei den nur mit kurzen, nicht zurückziehbaren Siphonen versehenen Siphoniaten ist die Mantellinie einfach (ohne Einbucht). Man nennt solche Muscheln auch Integripalliaten.

Wo dagegen die Siphonen lang und theilweise oder ganz zurückziehbar sind, zeigt die Mantellinie eine mehr oder weniger tiefe gegen hinten offene Einbuchtung. Die Entstehung dieser sogen. Mantelbucht beruht auf der Anheftung der Muskelfasern, welche die Zurückziehung der Siphonen bewirken. Man nennt derartige Siphoniaten auch Sinupalliaten *(Siphoniata sinupalliata)*. Eine solche eingebuchtete Mantellinie zeigt sich besonders deutlich bei den Schalen der Gattungen *Venus*, *Cytherea*, *Solen*, *Lutraria*, *Mya*, *Pholas* u. a.

Die Kiemen der Acephalen sind blattförmig, immer paarig entwickelt, meist jederseits in zwei Blättern. Sie liegen einwärts von den Mantellappen.

Der Fuss der Acephalen ist ihr wichtigstes Organ der Ortsbewegung und stellt eine frei bewegliche Muskelmasse dar. Er liegt an der Bauchseite des Thieres in der Mediane und gegen vorn gerichtet. Dabei ist er meist in solcher Grösse entwickelt, dass er zwischen den Schalen hervorgestreckt werden kann,

namentlich bei den Arten, die damit im Sand umherkriechen, z. B. bei den Süsswasser bewohnenden Unionen. Er ist von verschiedener Gestalt, meist kielartig zusammengedrückt. Beilförmig ist er bei *Nucula*, pflugscharförmig bei *Mactra*, wurmförmig bei *Saxicava*. Zuweilen ist er auch knieförmig gebogen, zugeschärft-walzenförmig und vorn zugespitzt. So bei *Cardium*; er ist hier sehr gross und dient dem Thiere sich sprungweise vorzuschnellen. Walzenförmig, kurz und dick, vorn abgeflacht ist er bei *Pholas;* hier wie auch bei anderen Bohrmuscheln ist er an der Vorderseite mit kleinen Kieselkörperchen besetzt und mit dieser rauhen Fläche bohrt er die Höhlung in den Kalkstein oder anderes einigermaassen weiches Gestein, in welcher das Thier darnach und zeitlebens versteckt bleibt.

Bei jenen Acephalen-Gattungen, welche sich mit Schale oder Byssus anheften und von da an keines Fusses mehr zum Kriechen bedürfen, bleibt derselbe dürftig oder fehlt sogar gänzlich. Klein und unansehnlich ist er bei den Byssus-Spinnern *Mytilus* und *Pinna*. Ganz fehlt der Fuss bei *Ostrea*.

Bei den Byssus-Spinnern befindet sich am Grunde des Fusses oder an seiner Unterfläche eine Drüse, die hornartig erhärtende Fäden absondert. Das Thier klebt diese alsbald am festen Meeresboden oder an anderen festen Gegenständen an.

Ausser durch die Mantellappen ist das Thier auch noch durch einen oder zwei kräftig entwickelte faserige Muskeln mit der Kalkschale fest verbunden. Wo zwei Muskeln entwickelt sind, liegt der eine vorn, der andere hinten. Solche Acephalen heissen Zweimuskler, *Dimyaria*. Bisweilen wird der vordere Muskel sehr klein. In anderen Fällen fehlt er ganz, wie bei *Pecten* und *Ostrea*. Diese heissen darnach Einmuskler, *Monomyaria*. Diese Muskeln dienen zum Schliessen der Schale, es sind Schliessmuskeln *(adductores)*. Fast immer erzeugen sie auf der Innenfläche der beiden Schalenhälften starke Eindrücke, die Muskeleindrücke.

Die Charaktere der Kalkschalen sind überaus wichtig für die Paläontologie, denn fast nur sie erhalten sich bei den Acephalen fossil, während das weiche Thier dabei fast ausnahmslos völlig verschwindet.

Wie schon angedeutet wurde, entspricht die eine Klappe der rechten, die andere der linken Seite des Thieres. Meist sind beide Klappen einander ganz oder beinahe gleich, wie bei *Unio, Cardium, Venus, Mactra, Solen* u. s. w. In anderen Fällen stellt sich und zwar meist in Folge von eingeschränkter Ortsbewegung eine ungleiche Gestalt und Grösse beider Schalenhälften ein. Solche ungleichklappige Formen entstehen besonders dadurch, dass das Thier sich mit der einen Klappe an eine feste Unterlage heftet. Dies ist namentlich bei Austern und Anomien der Fall. Auch manche Byssus-Spinner werden ungleich-klappig, wie *Avicula*. Vorderseite und Hinterseite sind an den Schalen der Acephalen mehr oder minder verschieden.

Eine hervorragende Stelle über dem Rücken des Thieres bezeichnet den ersten Anfang der Schalenbildung. Dies ist der Wirbel oder Buckel, *umbo*. Die Wirbel sind meist eingekrümmt und in der Regel nach vorn gewendet (gegen hinten bei *Mesodesma)*.

An der Rückenseite der Schale in der Wirbelgegend liegen das Schloss, das Schlossband, die *area* und die *lunula*.

Das Schlossband oder Ligament ist ein meist längs des Rückens verlaufendes elastisches Verbindungsstück. Es hält beide Klappen zusammen und zwar so, dass dieselben am Unterrand aus einander gezogen werden und, sofern die Schliessmuskeln nicht entgegen wirken, sich öffnen. Es zeigt mancherlei Ver-

schiedenheiten. Wenn es äusserlich ist, liegt es hinter den Wirbeln. Selten fehlt das Band ganz, so bei den Rudisten und bei den Pholaden.

Am Rückenrand der Schale findet sich gewöhnlich noch ein sogen. Schloss (franz. *charnière)*, eine Gruppe zahnartiger Vorsprünge, die in entsprechende Vertiefungen passen. Es zeigt ebenfalls mancherlei Verschiedenheiten. Zuweilen fehlt es ganz, so bei *Anodonta, Ostrea, Anomia.* Die Lunula ist ein äusseres umschriebenes Feldchen vor den Wirbeln, die Area ein ebensolches hinter denselben.

Auf der Innenfläche der Schale sind die Eindrücke der Schliessmuskeln und die Anheftungslinie des Mantels meist deutlich erkennbar. So sind bei den gleichmuskeligen Dimyariern — oder den Homomyariern — beide Muskeleindrücke, der vordere und der hintere, einander gleich und beide verbindet als einfache sanft abzu geschwungene Linie, der Manteleindruck. So bei *Arca, Pectunculus, Unio* u. a. Bei den mit langen zurückziehbaren Siphonen versehenen Siphoniaten ist die Mantellinie eingebuchtet, die Bucht gegen hinten offen.

Bei manchen Röhrenmuscheln oder Tubicolen sondert der Mantel um die Schale noch eine umfangreiche äussere Kalkröhre ab, so bei *Clavagella* und *Teredo.* Bei *Clavagella* verwächst die linke Klappe mit der umgebenden Röhre.

Die Schale der Acephalen überhaupt besteht in der Regel aus drei verschiedenen Schichten: 1. aus einer hornartigen Oberhaut, 2. einer äusseren faserigen Kalkschicht und 3. einer inneren blättrigen Kalkschicht. Es sind aber nicht immer alle drei Schichten zusammen vertreten.

Die Oberhaut ist besonders bei den Süsswassermuscheln stark entwickelt.

Die äussere faserige oder prismatische Kalkschicht besteht aus feinen dicht gedrängten Prismen. Es sind sehr dünnhäutige Zellen mit Kalkausfüllung. (Behandelt man sie mit Salzsäure, so verbleibt die organische Zellhülle als ein dünnes hornartiges Säckchen). Die Prismen sind von verschiedener Gestalt und Grösse. Eine ansehnliche Prismenschicht erscheint namentlich bei den Gattungen *Pinna, Trichites* und *Inoceramus.* Die Prismen stehen in ihr senkrecht zur Schalenoberfläche. Etwas abweichend ist der Bau dieser Schicht bei der erloschenen Familie *Rudistae,* besonders der Gattung *Radiolites.* Sie zeigt hier an der Unterklappe ein gitterförmiges Maschen-Gewebe. Die Prismen sind hier sechseckig und zuweilen sehr gross, sie laufen parallel der Schalendicke und sind durch zahlreiche Querböden abgetheilt. Die Zellen sind nicht ganz mit Kalkmasse erfüllt, sondern es bleibt ein Hohlraum im Inneren. Die Substanz der Faser- oder Prismen-Schicht ist immer Kalkspath. Sie wird vom freien Saum des Mantels abgesondert.

Die innere blätterige Kalkschicht der Acephalen bildet bei den meisten Gattungen den grösseren Theil der Schale. Sie besteht aus sehr zahlreichen und sehr dünnen Blättern und ist bald mehr porcellanartig, bald mehr perlmutterig. Aus dieser blätterigen Substanz bestehen auch die Perlen bei *Meleagrina, Unio* u. a. Sie wird von der Aussenfläche des Mantels abgesondert. Diese Perlmutterschicht besteht aus Aragonit. Bei fossilen Schalen ist sie oft schon zerfallen oder ganz weggeführt, wenn die äussere oder faserige Schicht sich noch wohl erhalten hat.

Von der Entwicklungsgeschichte der Acephalen wollen wir nur hervorheben, dass sie als frei schwärmende Larven am vorderen Pole einen besonderen bewimperten Lappen, das Segel, *velum,* entwickeln, es ist ein Schwimmorgan, welches später wieder verschwindet. Diese Larven-Stufe — das sogen. *Veliger*-Stadium — haben die Acephalen mit den Schnecken gemeinsam.

Die Acephalen stellen von der Silur-Epoche an bis zur Jetztzeit ein von Stufe zu Stufe durchschnittlich zunehmendes Heer von Gattungen und Arten dar, doch halten die Ordnungen dabei nicht alle den gleichen Gang ein. Namentlich stellen sich die Siphoniaten deutlich als eine erst später entwickelte Ordnung heraus. Auch die Monomyarier entwickeln sich erst merklich später. Die primitivste Ordnung dürften wohl die zweimuskeligen und gleichklappigen, vorn und hinten nur wenig verschiedenen, mit getrennten Mantellappen versehenen Homomyarier sein, von denen dann einerseits die Heteromyarier, andererseits die Siphoniaten ausgingen.

Die Acephalen erscheinen in fossilen Resten zuerst im unteren Silur-System und hier bereits von Brachiopoden und Gasteropoden vollständig abgeschieden. Ihr erster Ursprung fällt also in noch weit entlegenere Zeiten und wird stets verhüllt bleiben. Vertreten im unteren Silur sind namentlich die Homomyarier durch einige Gattungen der Familie *Arcidae*, sowie durch *Cucullella*, Fam. *Nuculidae*. Dazu kommen Heteromyarier, wie *Pterinea* und *Ambonychia*, Fam. *Aviculidae* und *Modiolopsis*. Spärlicher erscheinen die *Siphoniata integripalliata*, ganz fehlen noch die *Siphoniata sinupalliata* und die Monomyarier.

Wahrscheinlich sind die erst später anhebenden Monomyarier eine Abzweigung der Aviculiden, sowie letztere eine solche von noch älteren Homomyariern. Monomyarier beginnen im Kohlenkalk, im Jura werden sie zahlreich.

Was die ausgebildeten Sinupalliaten mit deutlicher Mantelbucht betrifft, so zeigen sie sich erst in der Trias und im Jura, wie die Pholadomyiden-Gattungen *Homomya* und *Pleuromya*, die in der Trias und die Gatt. *Pholadomya* selbst, die im unteren Lias beginnt. Ihnen entsprechen sehr ähnliche Vorläufer, mit einfachem Manteleindruck — wie *Cuneamya* im unteren Silur — und *Grammysia* im oberen Silur und im Devon — diese können als Vorfahren der *Pholadomyidae* gelten.

Süsswassermuscheln erscheinen in allen Ordnungen. Die ersten zeigen sich in der Steinkohlenformation, wie *Anthracosia*, eine mit *Unio* und *Cardinia* verwandte Gattung, *Anthracoptera*, ein Vorläufer von *Dreissenia*, Fam. *Mytilidae* u. a. In der Purbeck-Stufe und in der Wealden-Stufe sind Unionen und Cyrenen häufig. Die Cyrenen dürften von meerischen Cypriniden sich abgezweigt haben, die Unionen von Anthracosien und diese von meerischen Cardinien, die Dreissenien endlich von den Anthracopteren und diese wieder von meerischen Mytiliden.

Heut zu Tage leben etwa 5000 Arten von Acephalen, während etwa 7000 bis 8000 fossil bekannt sein mögen. Die grosse Mehrzahl derselben gehört dem Meere an, namentlich den Strandregionen, wo sie sowohl in der Ebbelinie, als auch in der etwas tieferen Laminarien-Zone zahlreich sich aufhalten.

Viele Acephalen, namentlich Siphoniaten, graben sich nahe unter der Ebbegrenze mittelst ihres kurzen walzenförmigen Fusses mit Vorliebe in Sand und Schlamm ein, wobei sie den Hintertheil mit den Siphonen nach oben wenden. So die Arten von *Solen, Panopaea, Mya* u. a.

Andere Acephalen bohren sich in der Ebbelinie oder etwas darunter in Kalkstein oder anderes nicht sehr hartes Gestein horizontale Höhlungen, die sie dann nicht mehr verlassen. So namentlich die Arten von *Pholas*, welche ihr kurzer stempelförmiger, vorn mit feinen Kieseltheilchen bewaffneter Fuss vortrefflich zum Bohren eignet.

Noch andere, wie *Teredo* bohren (mittelst ihres zungenförmigen Fusses?)

lange Gänge in Holz, in welchen dann der Mantel eine entsprechend lange Kalkröhre abscheidet.

Zahlreiche Acephalen, namentlich Heteromyarier, sind Byssus-Spinner, wie *Pinna, Mytilus* und *Modiola.* Sie befestigen sich in der Ebbelinie und darunter mittelst der hornartig erhärtenden Byssus-Fäden für die Dauer an feste Gegenstände des Meeresbodens, auch wohl eine an die andere Schale.

Einige Monomyarier, wie *Ostrea* und *Anomia,* heften sich mit der einen Klappe in seichtem oder tieferem Wasser an einer festen Unterlage an und werden dabei mehr oder weniger missgestaltet.

Reich an Acephalen ist noch die Laminarien-Zone, die bis zu etwa 15 Faden Tiefe (27 Meter) hinabreicht. Noch tiefer, bis zu etwa 40 Meter, erstreckt sich die Region der grossen Austern-Bänke. Hier leben noch viele Acephalen, namentlich Schwimmer wie *Lima* und *Pecten.*

Mit 200 Faden (366 Meter) Tiefe nimmt die Zahl der Acephalen beträchtlich ab. Doch finden sich noch einzelne Acephalen in Tiefen von 1500 bis 2500 Faden (2742—4572 Meter) z. B. Arten der Gattungen *Arca, Leda* und *Limopsis* noch im Globigerinen-Schlamm des Atlantischen Meeres.

Diese bathymetrische Vertheilung der lebenden Acephalen kommt bei der Deutung der fossilen Funde vielfach in Betracht. So deutet namentlich das Vorkommen dünnschaliger Pholadomyiden auf schlammigen Grund in grösserer Meerestiefe, während Pholaden und Lithodomen in Bohrlöchern sitzend alte Ebbe-Linien anzeigen.

Was die Eintheilung der Acephalen betrifft, so zerfällt man sie am besten nach der Gestaltung des Mantels in zwei Hauptordnungen, Asiphonier und Siphoniaten. Die Asiphonier sind Acephalen mit getrennten Mantellappen und entbehren noch der Siphonen. Der Manteleindruck der Schale ist einfach, ohne Bucht. Dies ist die primitivere Abtheilung. Bei den Siphoniaten sind die Mantellappen mehr oder weniger verwachsen und ausgebildete Siphonen vorhanden. Weiterhin zerfällt man die Klasse in 5 Ordnungen. Von dem grossen Heere der Gattungen und Arten können wir nur die wenigsten hier berühren.

Die Monomyarier, *Asiphonia monomyaria* sind Asiphonier mit nur einem Schliessmuskel. Es ist der hintere und er erzeugt in der Schale einen starken Eindruck. Einigen fehlt der Fuss. Hierher gehören die Gattungen *Ostrea, Gryphaea, Exogyra, Anomia, Spondylus, Lima, Pecten* u. a.

Die Gattung *Ostrea* begreift festgewachsene und mehr oder weniger missgestaltet ungleichklappige Monomyarier. Die linke Klappe wächst auf einer festen Unterlage an. Diese untere Klappe ist die grössere, wogegen die rechte Klappe oft flach und deckelförmig verbleibt. Der Schlossrand ist zahnlos. Meist ist die untere Klappe grob gerippt und die Deckelklappe nur concentrisch gezeichnet, wie namentlich bei der gemeinen Auster. Es giebt auch Arten mit stark gefalteter Schale *(Alectryonia).* Die Arten beginnen spärlich im Kohlenkalk und werden erst im Jura häufiger.

Ostrea edulis L., die gemeine britische Auster lebt im britischen Meer in der Tiefe von 4 bis 40 Faden (7—73 Meter) und überzieht hie und da in grosser Anzahl ausgedehnte Strecken des Meeresgrundes. Es ist eine nordische Art, welche im Süden nur bis Spanien geht. Sie kommt fossil in der nordischen Glacialdrift vor.

Bei der Gattung *Gryphaea* ist die linke Klappe eine mehr oder minder stark angeheftete und stark gewölbte Unterklappe mit einwärts gekrümmtem Wirbel.

Die rechte Klappe ist ein flacher Deckel. *Gryphaea arcuata* LAM. ist häufig im unteren Lias.

Die Gattung *Anomia* weicht eigenthümlich ab. Die rechte Klappe ist die untere, sie ist flach oder concav. Sie hat am Wirbel für den Durchtritt eines Anheftungsmuskels ein grosses Loch oder einen tiefen gerundeten Ausschnitt. Das untere Ende des Muskels verkalkt und bleibt zuletzt an der fremden Unterlage haften. Die linke Klappe ist die obere und gewölbt. Beide sind oft n ihrer Gestaltung von der Oberfläche ihrer Unterlage abhängig, z. B. längs oder quer gezeichnet. *Anomia*-Arten finden sich vom Lias an fossil und sind namentlich in manchen Tertiär-Schichten häufig.. Lebend finden sie sich häufig in seichtem Meereswasser und in mässiger Tiefe.

Die Gattung *Anomia* bietet insofern ein allgemeineres Interesse, als man sie auf Grund ihrer Aehnlichkeit mit *Discina, Lingula* und anderen Brachiopoden ehedem als eine Mittelform zwischen letzteren und den Austern betrachtete. Diese Aehnlichkeit beruht aber auf blosser Analogie, nicht auf näherer Affinität. *Anomia* ist also kein Mittelglied.

Die Heteromyarier, *Asiphonia heteromyaria*, sind Asiphonier mit zwei ungleichen Schliessmuskeln. Der vordere Muskeleindruck ist sehr klein, der hintere gross. Die Schale ist oft ungleichklappig.

Diese Ordnung ist schon im unteren Silur-System ziemlich zahlreich vertreten, so durch Arten von *Pterinea* und *Ambonychia* (Familie *Aviculidae).*

Die Gattung *Pterinea* spielt noch im rheinischen Grauwackenschiefer (untere Devon-Stufe) eine wichtige Rolle. Die Schale ist sehr ungleichseitig und dabei mehr oder minder ungleichklappig. Der Schlossrand ist lang und gerade, nach vorn in ein kurzes Ohr ausgezogen, unter welchem zur Rechten ein Byssus-Ausschnitt zu erkennen ist.

Die Gattung *Posidonomya* derselben Familie erscheint in vielen Arten vom Silur bis zum Jura verbreitet. Die Schale ist dünn und aussen concentrisch gefaltet. *Posid. Becheri* BRONN, vergl. carb. System, I. pag. 122.

Die Gattung *Inoceramus*, ebenfalls aus der Familie *Aviculidae*, ist mehr oder weniger ungleichklappig und meist concentrisch, seltener strahlig gefurcht. Die äussere Schalenschicht ist dick und ausgezeichnet faserig. Arten finden sich in Trias, Jura und Kreide.

Die Muscheln der Familie *Mytilidae* mit den Gattungen *Mytilus, Modiola* und *Lithodomus* zeigen eine länglich-eiförmige oder dreieckige gleichklappige Schale mit schiefem Schlossrande, der allmählich in den Hinterrand verfliesst. Die Mytiliden sind namentlich an seichten Meeresküsten verbreitet. Einige gehen auch in brackisches Wasser. Fossil vertreten erscheinen sie schon im unteren Silur.

Von meerischen Mytiliden dürfte die süsswasserbewohnende Gattung *Anthracoptera* der Steinkohlenformation abstammen. Weiterhin von dieser die Gattung *Dreissenia (Congeria)*, die in tertiären Süsswasser- und Brackwasser-Ablagerungen häufig vertreten ist. *Dreissenia* hat einen fast ganz geschlossenen Mantel und sollte darnach streng genommen den Typus einer eigenen Ordnung der Acephalen darstellen.

Die Homomyarier, *Asiphonia homomyaria*, sind Asiphonier mit zwei gleichstarken Schliessmuskeln und meist gleichklappiger, zuweilen auch annähernd gleichseitiger Schale. Das Thier hat entweder getrennte oder am Hinterrande durch eine sogen. Brücke verwachsene Mantellappen. Der Fuss ist meist wohl entwickelt.

Die Homomyarier sind im unteren Silur schon ausgezeichnet vertreten durch *Arcidae (Cyrtodonta* u. a.) und durch *Nuculidae (Cucullella).* Von da an sind sie im Zunehmen, namentlich durch *Arcidae* und *Nuculidae.* In der Trias sind *Arca, Cucullaea, Nucula, Leda, Myophoria* reichlich vertreten. Im Jura sind die *Arcidae* und *Nuculidae* noch häufig, an die Stelle von *Myophoria* ist *Trigonia* getreten. Von der Kreide zum Tertiär verliert sich die letztere Gattung auffallend rasch. Eine Art kennt man noch im Oligocän, *Trig. septaria.* Einige Arten leben noch an Australien.

Hierher gehören auch die im süssen Wasser zahlreich verbreiteten *Unioniden* mit *Unio* und *Anodonta.* Sie erscheinen zuerst in der Steinkohlenformation und im Rothliegenden, wo die Gattung *Anthracosia* häufig vertreten ist. Sie verbindet die Unioniden mit den meerischen Cardinien. Von *Cardinia* dürfte *Anthracosia* und in weiterer Linie *Unio* sich herleiten. *Unio* in sicheren Funden folgt in der Wealden-Stufe, *Anodonta* zeigt sich erst im Suessonien von Meudon bei Paris.

Die Homomyarier überhaupt dürften die primitivste Ordnung der Acephalen sein; von ihnen zweigten sich einerseits die Heteromyarier und Monomyarier ab, andererseits die Siphoniaten.

Die Siphoniaten, *Siphoniata,* zerfallen in zwei Gruppen, Integripalliaten und Sinupalliaten, welche man der Hauptsache nach als natürliche Ordnungen betrachten kann, wenn auch der Verlauf der Mantellinie nicht in allen Fällen durchgreifend ist.

Die Integripalliaten, *Siphoniata integripalliata,* stehen den Homomyariern noch sehr nahe. Es sind gleichfalls Dimyarier mit zwei gleich stark entwickelten Schliessmuskeln und einfachem Manteleindruck ohne Bucht. Auch ist die Schale meist gleichklappig und oft zugleich annähernd gleichseitig. Aber das Thier hat mehr oder weniger verwachsene Mantellappen und kurze nicht zurückziehbare Siphonen.

Sie sind im unteren Silur noch nicht sicher vertreten, folgen aber bald darauf mit Gattungen der Familien *Astartidae, Lucinidae, Cardiidae* u. s. w. und spielen im Kreide-System mit den meist bankweise auftretenden Rudisten eine hervorragende geologische Rolle.

Wichtig ist die im Devon-System zuerst auftauchende, im Jura-System erlöschende Familie *Megalodontidae.* Ihre Schale ist gleichklappig und mit einem sehr kräftig entwickelten Schlosse versehen. Der hintere Muskeleindruck sitzt meist auf einer vorragenden Leiste. *Megalodon cucullatus* GOLDF., vergl. Devon-System, I. pag. 221. Zu *Megalodon* zählt man auch die in den Kalklagern der Alpen, besonders im Dachsteinkalk (rhätische Stufe) verbreiteten Dachstein-Bivalven, wie *Meg. triqueter* WULF., bei Bleiberg in Kärnthen u. a. O.

An die *Megalodontidae* schliesst sich die Fam. *Chamidae* an, deren lebender Vertreter die Gattung *Chama* ist. Die Chamiden haben eine ungleichklappige dickwandige Schale, deren Wirbel mehr oder weniger stark nach vorn eingerollt ist. Diese Schale ist meist mit dem Wirbel einer oder der anderen Klappe angewachsen. Hierher gehört die im oberen Jura wichtige Gattung *Diceras* mit zwei sehr stark eingerollten Wirbeln. *Diceras arietinum* ist bald mit der rechten, bald mit der linken Klappe befestigt. Vergl. Jura-System, II. pag. 161.

Caprina und *Caprotina* (vergl. Kreide-System, II. pag. 201) früher den Rudisten zugetheilt, werden neuerdings als Chamiden betrachtet.

Die lebend noch vertretene Gattung *Chama* hat eine ungleichklappige aufgewachsene Schale. An beiden Klappen ist der Wirbel nach vorn eingekrümmt.

Die aufgewachsene Klappe wird grösser. In der Regel ist dies die linke, seltener die rechte Schalenhälfte. Arten fossil in der Kreide-Formation, häufig in Tertiärschichten. Ueber 50 Arten leben noch, theils in der Ebbelinie, theils tiefer, wenige an Europa, die Mehrzahl in wärmeren Meeren.

Die Familie *Rudistae* schliesst sich den Chamiden an, wie letztere den Megalodontiden. Sie weicht aber durch hochgesteigerte Eigenthümlichkeiten so sehr von allen Acephalen ab, dass man sie früher den Brachiopoden, anfangs sogar den Korallen zugesellte. Hierher gehören die Gattungen *Hippurites, Sphaerulites, Radiolites* u. a. — alle nur im Kreide-System vertreten. (Vergl. I. pag. 201). Die Schale ist bei dieser erloschenen Familie ungleichklappig, die rechte Klappe verlängert kegelförmig und mit der Spitze aufgewachsen, die linke Klappe aber ganz niedrig und oft deckelförmig. Ein Ligament fehlt und die Deckelklappe war nur in senkrechter Richtung beweglich. Die äussere Schalenschicht der Unterklappe ist grosszellig und brüchig. Ueber ihre Structur vergl. oben pag. 448. Die innere Schicht ist blätterig.

Die Sinupalliaten, *Siphoniata sinupalliata*, stellen eine höhere Abtheilung dar. Das Thier besitzt lange ganz oder theilweise zurückziehbare Siphonen und die Innenfläche der Schale zeigt dem entsprechend eine gegen hinten geöffnete Bucht der Mantellinie. Hierher gehören namentlich die Gattungen *Venus, Donax, Tellina, Solen, Pholadomya, Mactra, Mya, Gastrochaena, Pholas, Teredo.*

Die Sinupalliaten treten erst verhältnissmässig spät auf und mögen aus Integripalliaten allmählich hervorgegangen sein. Vorläufer erscheinen schon sehr ähnlich, aber noch mit einfacher Mantellinie — wie *Cuneamya* im unteren Silur — und *Grammysia* im oberen Silur und im Devon (vergl. I. pag. 222). Diese können als Stammformen der Fam. *Pholadomyidae* gelten. Sinupalliaten mit ausgebildeter Mantelbucht zeigen sich erst in der Trias und im Jura, so namentlich die Pholadomyiden-Gattungen *Homomya* und *Pleuromya*, die in der Trias anheben, und die Gattung *Pholadomya* selbst, die im unteren Lias folgt. Die Pholadomyen sind in Jura und Kreide zahlreich vertreten. Sie kommen oft noch in ihrer natürlichen senkrechten Stellung (mit dem Hintertheil zu oberst) erhalten vor. Es lebt nur noch eine einzige Art *Pholadomya candida* Sow., an den Antillen.

Unter den Sinupalliaten treten viele Bohrmuscheln auf, die zum Theil durch hoch gesteigerte, ihrer Lebensweise entsprechende Eigenthümlichkeiten sich auszeichnen. Dahin gehört namentlich die Gattung *Pholas*. Das Thier bohrt sich mittelst des kurzen stempelförmigen, vorn mit feinen Kieselkörperchen bewaffneten Fusses eine Höhlung in Kalkstein oder anderes weiches Gestein und zwar in wagrechter Richtung — meist ein wenig unter dem Wasserspiegel. Es verlässt diese sichere Stätte nicht mehr. Die Schale desselben hat auch viel Ausgezeichnetes. Sie ist von vorn nach hinten gestreckt, oft fast walzig, vorn und hinten klaffend, an der Wirbelgegend noch mit 1—3 überzähligen Kalkplatten bedeckt. Die *Pholas*-Arten zeigen sich zuerst in der Jura-Formation. Mehrere Arten tertiär und lebend.

Die Hauptklasse der Gasteropoden (Bauchfüsser) oder Schnecken, *Gasteropoda*, begreift vier stark von einander verschiedene Abtheilungen, die Scaphopoden, Placophoren, eigentlichen Gasteropoden und Pteropoden, die man neuerdings auch als ebensoviele Klassen auffasst. Gemeinsam ist ihnen ein mehr oder weniger deutlich vom Rumpfe gesonderter Kopf und eine aus einer chitinosen Reibeplatte bestehende Mundbewaffnung. Der Rumpf ist meist mit deutlichem

Fuss und mehr oder weniger entwickeltem Mantel versehen. Gewöhnlich kommt dazu noch eine äussere meist spirale Kalkschale. Die Mehrzahl der Gasteropoden bewohnt das Meer. Die meisten kriechen, andere schwimmen. Süsswasserbewohner und luftathmende Landthiere kommen nur bei den eigentlichen Gasteropoden vor. Was ihre Entwicklungsgeschichte betrifft, so durchlaufen sie fast alle die Stufe einer mit dem Segel *(velum)* versehenen Larve, das sogen. *Veliger*-Stadium, welches sie mit den Acephalen gemeinsam haben.

Die Classe der Scaphopoden (Schaufelfüsser) oder Dentaliden, *Scaphopoda*, nimmt eine von den eigentlichen Schnecken genugsam gesonderte Stellung ein. Es sind langgestreckte wurmförmige, eine walzenförmige Kalkschale bewohnende Weichthiere. Der Kopf ist erst sehr unvollkommen gesondert. Er erscheint nur als ein unansehnliches Anhängsel am Grunde des kräftig entwickelten langgestreckten walzenförmigen und mit einer abgesetzten Spitze versehenen Fusses. Das Thier ist von einem dünnen sackförmigen Mantel eingehüllt, aus dem nur gegen vorn der Fuss hervorragt. Diese Gestaltung des Körpers zeigt eine gewisse Aehnlichkeit mit der von gewissen Bohrmuscheln, namentlich der Fam. *Pholadidae*. Sie beruht aber nur auf einer den Lebensbedingungen entsprechenden Analogie, nicht auf näherer Affinität.

Die Kalkschale ist röhrenförmig, symmetrisch, an beiden Enden offen — derjenigen mancher Röhrenwürmer ähnlich.

Hierher gehört namentlich die Gatt. *Dentalium*. Schale bald glatt, bald gestreift, bald gerippt. Bei anderen Gattungen ist das dünnere Hinterende der Schale geschlitzt oder lappig eingeschnitten. Etwa 80 Arten von Dentaliden leben noch. Es sind Meeresbewohner, die sich mittelst des vorn hervortretenden Fusses — mit dem dickeren Vordertheile von Körper und Schale nach unten gewendet — in Sand oder Schlamm eingraben. Es sind zum Theil Strandbewohner. Andere leben in 2—50—200 Faden (3,6—91—365 Meter) Tiefe. Einige Arten finden sich auch noch in den grössten Tiefen des Oceans. Die Dentaliden gehören zu den ältesten fossil vertretenen Klassen der Meeresfauna. Man kennt fossile Arten vielleicht schon im silurischen, jedenfalls im devonischen System. Besonders häufig erscheinen sie in tertiären Meeresschichten. Man kennt etwa 160 fossile Arten.

Aber nicht immer ist sicher darüber zu entscheiden, ob eine fossile Form den Dentaliden oder den Röhrenwürmern angehört. Ein solches Fossil von unsicherer Stellung ist *Pyrgopolon Mosae* MONTF. *(Dentalium clava* LAM.), eine schlankkegelige querrunzelige Röhre, 2—2,5 Centim. lang, häufig in der oberen Kreide zu Mastricht u. a. O.

Die Klasse der Placophoren (Plattenträger) oder Chitoniden, *Placophora*, nimmt ebenfalls eine abseits der eigentlichen Schnecken gelegene Stellung ein. Sie sind über den Rücken hin segmentirt und diese Segmente tragen je eine, zusammen acht Kalkplatten, die unter einander so genau articuliren, dass das Thier sich oft wie eine Assel zusammenkugeln kann. Dies ist der einzige Fall dieser Art im ganzen Reiche der Mollusken. Auch die Entwicklungsgeschichte ist eigenartig.

Der achtplattige Rückenpanzer der Chitoniden ist symmetrisch. Auch der Körper des Thieres ist ausgezeichnet bilateral angeordnet und sehr ähnlich dem der primitiv gebauten Patellen und demnächst auch der paarkiemigen Schnecken. Es sind wie die letzteren ausgezeichnete Sohlenschnecken, die mit breitem söligem Fusse kriechen und sich fest ansaugen können. Der Mantel hängt ringsum in

Gestalt einer lederartigen, auf der äusseren Seite mit kleinen harten Schuppen oder Stacheln besetzten Haut herab. Die Kiemen liegen in symmetrischer Anordnung zwischen Fuss und Mantel. Der Kopf ist klein, der Mund mit einer Reibeplatte *(Radula)* versehen.

Hierher gehören die Gatt. *Chiton* und *Chitonellus*. Bei *Chiton* ist das Thier von länglich elliptischem Umriss und etwas niedergedrückt. Der achtplattige Rückenpanzer ist 2—3 mal so lang als breit. Die einzelnen Platten sind breiter als lang, sie liegen dachziegelartig über einander und greifen so in einander ein, dass das Thier sich kugeln kann. Man kennt 400 lebende Arten. Die meisten Arten leben in seichtem Wasser, manche am Strande während der Ebbe fest angesaugt, andere in der Laminarien-Zone, noch andere in grossen Tiefen. Mehrere Arten finden sich an Europa, im Mittelmeer, auch noch an Norwegen. Die Mehrzahl gehören den wärmeren Meeren an, wo sie 7—10 Cent. Länge erreichen.

Fossil kennt man mindestens 32 Arten, sie sind meist nur durch vereinzelte Platten vertreten. Eine der am besten bekannten Arten ist *Chiton priscus* MÜNST. aus dem Kohlenkalk von Tournay in Belgien. Chitonen finden sich schon von der untersilurischen Stufe an, am häufigsten sind sie im Kohlenkalk und einigen meerischen Tertiär-Schichten z. B. im Sand von Pötzleinsdorf bei Wien.

Bei der Gattung *Chitonellus* ist das Thier langgestreckt und schmal. Es kann sich nicht kugeln. Die Rückenplatten sind länger als breit, sie werden fast ganz vom Mantel verdeckt. Man kennt 7 lebende Arten in wärmeren Meeren, namentlich an Australien, an den Philippinen u. s. w. Fossil erscheint *Chitonellus* im Miocän des Wiener Beckens und Siebenbürgens.

Die Chitoniden überhaupt sind offenbar eine der ältesten Klassen des Reiches der Weichthiere und zeigen noch einige besondere Beziehungen zu den Würmern.

Die Klasse der eigentlichen Gasteropoden begreift die Mehrzahl der Schnecken mit deutlich entwickeltem, die Sinnesorgane tragendem Kopf. Ihr Bau zeigt bei einigen Familien, wie bei den Patellen und bei den Paarkiemern *(Fissurella, Emarginula, Rimula)* die primitive Symmetrie noch mehr oder minder vorwaltend, bei ihnen ist die Schale noch flachkugelig oder napfförmig. Bei der grossen Mehrzahl ist aber die ursprüngliche Symmetrie stärker gestört; bei ihnen erscheinen meist ausgezeichnet spiralig gewundene, gewöhnlich rechts, seltener links gedrehte Gehäuse, doch decken sich Körperbau und Schalenform keineswegs immer. Bisweilen kommen auch bei sehr verschieden gebauten Thieren sehr ähnliche Schalen vor.

Das vordere Körperende trägt einen deutlich vom Rumpf gesonderten Kopf mit einem oder zwei Paar Fühlern, denen sich Augen anschliessen. Der Mund ist mit chitinosen Kiefern und einer beweglichen, mehr oder minder weit vorstreckbaren, mit einer chitinosen Reibeplatte *(radula)* besetzten Zunge versehen.

Die Kiefern bestehen aus zwei oder einer hornigen Platte an der oberen Schlundwand.

Die Oberfläche der Zunge trägt eine lange, schmale, hornige Platte, die *radula*, mit zahlreichen Querreihen harter, zahnartiger Chitin-Plättchen. Solche Querreihen mit symmetrisch angeordneten Zähnchen erscheinen bis 60 oder 100 hinter einander. Die solcherart feingezähnte bewegliche Zunge reibt gegen die Kiefern und zerkleinert dadurch die Nahrung. Diese harte Zungenbewaffnung

ist sehr wichtig für die Sichtung der lebenden Schnecken, aber in fossiler Erhaltung kaum auffindbar.

Auf dem Rücken des Thieres findet sich in der Regel eine dicke, anliegende Hautfalte, welche über den Kopf vorgeschoben werden kann, der Mantel. Er dient gewöhnlich auch zum Schutz der Kiemen und sondert das Gehäuse ab. Dieser Mantel verwächst nie an der Bauchseite.

Zur Athmung der Schnecken dienen meist Kiemen, blattförmige oder verzweigte oder gefiederte Hautanhänge mit Blutgefässen. Meist liegen sie vom Mantel bedeckt. Charakteristisch ist ihre symmetrische Lage zwischen Fuss und Mantel bei den Patellen, dies ist ein Anklang an die Acephalen. Meist ist ihre Anordnung aber unsymmetrisch geworden. Gewöhnlich liegen sie auch in einer besonderen Höhlung, der Kiemenhöhle oder Athemhöhle, auf dem Rücken oder Nacken des Thieres und vom Mantel beschützt. Bei mehreren Familien verlängert sich dann der Mantel auch noch in eine röhrenförmige Rinne oder in eine Röhre, die Athemröhre oder den Sipho. Diese Röhre führt der Athemhöhle Wasser zu. Die damit ausgestatteten Schnecken heissen Siphonostomen oder Canaliferen.

Bei Landschnecken und gewöhnlich auch bei Süsswasserschnecken erscheint eine Luftathmung. Die Kiemenhöhle hat hier die vorspringenden Anhänge — Kiemen — verloren, sie erscheint nun nur noch als einfacher, von einem Netzwerk fein verzweigter Blutgefässe durchzogener Sack. Man nennt diese Athmungsvorrichtung eine Lunge, sie ist aber der Lunge der Wirbelthiere nur analog.

Der Fuss der Schnecken ist eine fleischig-musculose Vorragung der Bauchseite. Man kann nach seiner Gestaltung Sohlenschnecken und Schwimmschnecken unterscheiden. Meist ist der Fuss eine schmale oder auch seitlich ausgebreitete Sohle an der unteren Körperseite des Thieres und dient demselben zum Kriechen. Der Fuss trägt dann auch den Deckel der Schale, wenn ein solcher vorhanden ist. Nur bei der Ordnung der Heteropoden ist der Fuss seitlich zusammengedrückt und dient hier zum Schwimmen.

Die Mehrzahl der Schnecken besitzt eine Kalkschale von einer besonderen, im einfachsten Falle symmetrischen Gestalt. Bei wenigen Gattungen, wie *Patella*, *Fissurella*, *Emarginula* u. a. ist die Schale flachkegelig, oder schildförmig oder napfförmig. Diese Schalenform ist embryonal. Meist aber erleidet die Schale eine spirale Drehung und wird dann allmählich zu einer Scheibenspirale oder zu einer aufgewundenen — kegeligen oder thurmförmigen — Spirale.

Gewöhnlich kann sich das Thier ganz in seine Schale zurückziehen, dann erscheint häufig noch ein besonderer kalkiger oder horniger Deckel und dient zum Verschliessen des Gehäuses. Schale und Deckel sind einander immer wesentlich ungleich und entsprechen zusammen keineswegs den beiden Schalenhälften der Acephalen. Vielmehr ist die Schale eine Absonderung des Mantels, der Deckel eine solche des Fusses.

Die Schale der Schnecken verkümmert auch oft. Ein besonderer Fall tritt bei landbewohnenden Nacktschnecken ein. *Limax* hat nur noch einen kleinen schildförmigen Rest einer Kalkschale und dieser bleibt im Inneren des Mantels verborgen.

Die Schale wird von der schleimigen Oberfläche des Mantels, namentlich aber vom Mantelrand abgesondert und zwar schichtenweise. Sie ist in der Regel kalkig, nur sehr selten ist sie hornig. Die meisten Kalkschalen sind auch

äusserlich noch mit einer hornigen Oberhaut überzogen; sie ist zuweilen sammetartig oder weichhaarig.

Der Kalkschale liegt ein zartes schichtenweise abgesondertes organisches Gewebe zu Grunde. Die Aufnahme von Kalk ist aber sehr reichlich und erzeugt eine scheinbar dichte und gleichartige porcellanartige Masse. Es soll Aragonit sein. Solche porcellanartige Kalkschalen bestehen immer aus drei Lagen, jede mit dicht gedrängten Lamellen von bestimmter Stellung. In der äusseren und der inneren Lage stehen die Blätter senkrecht zur Oberfläche und parallel der Naht. In der mittleren Lage stehen die Blätter zwar ebenfalls senkrecht zur Oberfläche, aber auch zu denen der beiden einschliessenden Lagen. Jedes Blatt der drei Lagen besteht aus zahlreichen sehr feinen Prismen.

Bei einigen Gattungen, wie *Haliotis* und *Turbo* entsteht unter der porcellanartigen Lage noch eine perlmutterartige Schichte aus sehr dünnen wellig verbogenen Kalkblättchen — gleichfalls Aragonit.

Das Thier steht mit seiner Schale durch einen Muskel in Verbindung. Bei einer napfförmigen Schale heftet sich der Muskel an deren Innenfläche — so bei *Patella* und *Capulus* in Hufeisenform. Bei kegelig-spiralen Gehäusen aber heftet sich derselbe an die Spindel.

Mehr oder minder genau entspricht der Gehäusemündung der Deckel, *operculum*, den der Fuss des Thieres abscheidet und beim Kriechen an der hinteren oberen Seite trägt. Der Deckel ist meist kalkig, selten hornartig, dabei bald concentrisch, bald spiral gebaut. Bei manchen Schnecken fehlt der Deckel, so bei *Fissurella*.

Die Mehrzahl der Gasteropoden bewohnt das Meer, namentlich den Strand und die etwas tieferen Tang-Zonen. Die meisten kriechen, wenige schwimmen. Die übrigen bewohnen das Süsswasser oder das Festland, einige halten sich in brackischem Wasser auf.

Den Meeresstrand bewohnen einige Schnecken von amphibischer Lebensweise und diese können längere Zeit im Trocknen ausharren. So sitzen die Patellen an festen Gegenständen des Strandes zähe angeheftet und erwarten die Rückkehr der Fluth. Arten von *Littorina, Truncatella, Nerita* u. s. w. ziehen sich während der Ebbe in die Schale zurück, schliessen sich mittelst des Deckels und athmen unter Vermittlung einer kleinen Menge eingeschlossenen Wassers. Reicher an Schnecken sind die unter der Ebbe gelegenen Tang-Zonen, namentlich die überhaupt am reichlichsten bevölkerte Laminarien-Zone (0—15 Faden oder 27 Meter Tiefe). Hier sind von Schnecken besonders Pflanzenfresser, wie *Phasianella, Turritella, Rissoa, Emarginula* u. s. w. vertreten, aber auch Fleischfresser wie *Murex*. In der darunter folgenden Nulliporen-Zone (15 bis 50 Faden oder 27 bis 91 Meter Tiefe) sind neben zahlreichen Pflanzenfressern, wie *Trochus, Fissurella* und *Emarginula* die grossen fleischfressenden Schnecken, namentlich aus den Siphonostomen-Gattungen *Fusus, Buccinum* u. s. w. wie auch die fleischfressende Holostomen-Gattung *Natica* vorzüglich zu Hause. Mit weiter wachsender Tiefe nimmt die Schnecken-Fauna ab. Aber einzelne Vertreter finden sich noch in der ansehnlichen Tiefe von 1000—1500—2000 Faden (1829—2743—3657 Meter).

Pflanzenfresser sind unter den Seeschnecken die Mehrzahl der Formen mit ganzrandiger Schalenmündung oder der sogen. Holostomen und diese daher besonders an die nahrungsreiche Laminarien-Zone gebunden. Auch einige canalmundige Schnecken, wie namentlich die Cerithien leben noch von Algen. Raub-

thiere sind von den Seeschnecken vor Allem die Mehrzahl der canalmundigen oder Siphonostomen, welche mittelst ihrer mit kieselig-harten Zähnchen besetzten Zungenplatte ein kleines rundes Loch in die Schale anderer Weichthiere, namentlich der Acephalen bohren und dieselben dadurch aussaugen. Solche Räuber sind die Arten von *Buccinum, Purpura, Fusus, Strombus, Murex* u. s. w. Aber auch einige Holostomen, wie *Natica* und *Sigaretus* sind ausgemachte Räuber, die andere Schalthiere anfallen. Ausserdem liefern in der Nulliporen-Zone unterhalb von 27 Meter Tiefe die hier reichlich vertretenen Korallen- und Hydroiden-Stöcke vielen Schnecken animalische Nahrung, die sie mit ihrer rauhen Zunge abkratzen.

Die geologische Geschichte der Schnecken hebt mit der Primordial-Fauna des unteren Silur-Systems an und hier erscheinen sie bereits in drei Unterordnungen, den Cyclobranchiern, Aspidobranchiern und Ctenobranchiern und dabei sind sie hier — soweit man aus der Schalenform zu schliessen vermag — meist, wenn nicht alle — noch Pflanzenfresser. Aus ihnen haben sich erst später die Raubschnecken allmählich entwickelt, wie namentlich um die Zeit von Trias und Jura. Landschnecken kennt man schon aus der Steinkohlen-Ablagerung. Die Süsswasserschnecken dürften wohl eben so alt sein, ihre ältesten Funde kommen aber aus Jura-Schichten. Einzelheiten der geologischen Geschichte der Klasse berichten wir noch bei den Ordnungen.

Die Klasse begreift vier Ordnungen: *Prosobranchia, Heteropoda, Pulmonata* und *Opisthobranchia.*

Die Vorderkiemer, *Prosobranchia,* stellen die zahlreichste Ordnung der eigentlichen Gasteropoden dar. Es sind Thiere mit deutlichem Kopf und söligem Fuss, bei denen die Kiemen vor dem Herzen liegen. Der Mund ist meist schnauzenartig, bei anderen ein langer vorstreckbarer Rüssel. Die Schale ist meist spiral, seltener napfförmig oder schildförmig.

Von dieser Ordnung kennt man lebend über 7500 Arten und beiläufig eben so viele fossile. Es sind der Mehrzahl nach Meeresbewohner. Einige halten sich auch in brackischem Wasser, z. B. in Strandlagunen oder an Flussmündungen auf, so ein Theil der Arten von *Neritina, Hydrobia* und *Rissoa.* Andere bewohnen das Süsswasser, wie namentlich die Familien *Paludinidae, Melanidae* und *Valvatidae.* Ferner zählen zu den Prosobranchiern auch die Familien *Cyclostomidae* und *Helicinidae.* Es sind luftathmende Landbewohner. Amphibische Lebensweise führen die Ampullarien, sie sind mit Kiemen und Lungen zugleich versehen.

Die Ordnung *Prosobranchia* zerfällt nach der Gestaltung der Athmungsorgane in drei Unterordnungen, *Cyclobranchia, Aspidobranchia* und *Ctenobranchia.*

Bei den Kreiskiemern, *Cyclobranchia* verläuft zwischen Fuss und Mantel ein nur durch den Kopf unterbrochener Kranz oder Kreis von kleinen blattförmigen Kiemen. Dies ist die primitivste Form der eigentlichen Gasteropoden, die Anordnung ihrer Kiemen ist noch dieselbe wie bei den Chitonen (Klasse *Placophora)* und hat auch Aehnlichkeit mit der bei den Acephalen.

Hierher gehört namentlich die Gattung *Patella,* Fam. *Patellidae.* Es sind symmetrische Thiere, welche auf dem Rücken eine symmetrische napfförmige oder flachkegelige Kalkschale von rundlichem oder ovalem Umriss tragen. Die Aussenfläche ist meist strahlig gestreift oder gerippt, an der inneren Seite zeigt sich ein hufeisenförmiger Muskeleindruck. Der Wirbel ist nahezu in der Mitte gelegen. Die Patellen sind Pflanzenfresser und sitzen mit ihrem breiten kreis

förmigen Fuss gewöhnlich in seichtem Wasser an Steinen oder an grösseren Tangen fest geheftet, auch wohl noch über der Ebbelinie.

Die Hauptgattung ist *Patella* mit grossen Arten und gerippter Schale. Fossile Arten mögen über 200 beschrieben sein. Es ist aber *Patella* nach der sehr primitiven, auch bei ganz anderen Schnecken-Gattungen ähnlich sich wiederholenden Schalenform nicht scharf von *Acmaea* u. a. zu scheiden, daher auch die Sichtung fossiler Formen etwas misslich. Eine patellenartige Gattung *Metoptoma* beginnt schon im untersilurischen System. Aechte Patellen dürften sich wohl erst mit der Kreide-Formation einstellen.

Bei den Schildkiemern, *Aspidobranchia*, liegen die Kiemen auf dem Rücken des Thieres und unter dem Mantel in einer grossen Aushöhlung, der Kiemenhöhle, und bestehen aus zwei Blättern. Hierher gehören die Familien *Fissurellidae, Haliotideae, Pleurotomariidae, Bellerophontidae, Trochidae, Neritidae.*

Die primitivste Stellung unter den lebenden Vertretern nehmen die Fissurelliden ein. Es sind symmetrische Thiere mit zweitheiligen und symmetrischen, an der vorderen Seite des Rückens gelegenen Kiemen und ebenso symmetrischer napf- oder schildförmiger Schale. Sie heissen nach ihrer Kiemenform auch Jochkiemer oder Zeugobranchier, *Zeugobranchia.* Hierher gehören die Gattungen *Fissurella, Rimula, Emarginula* u. a. Bei *Fissurella* ist die Schale niedrig kegelförmig und an dem fast in der Mitte gelegenen Scheitel durchbohrt. Dies dient zur Zuführung von Wasser nach den Kiemen, der Mantel bildet hier eine kurze Röhre, die zur Kiemenhöhle führt. Bei *Emarginula* ist der Wirbel der mützenförmigen oder flach kegelförmigen Schale nach hinten gekrümmt und zuweilen etwas spiral eingerollt. Der Vorderrand der Schale zeigt hier einen kurzen Schlitz und dieser entspricht einem Schlitze des Mantels. Die Fissurelliden sind Pflanzenfresser und zum Theil Küstenbewohner. In paläozoischen Schichten sind sie spärlich vertreten, doch schon im Kohlenkalk sicher. In Tertiär-Schichten sind sie häufiger.

Bei der Familie *Pleurotomariidae* ist die Schale spiral aufgewunden mit meist kegelförmigem, aber auch wohl thurmförmigem oder niederem abgeflachtem Gewinde. Die Mündung zeigt entweder auf ihrer freien Seite einen Schlitz, der auf dem älteren Schalentheil ein ähnliches Schlitzband hinterlässt, oder es erscheinen statt des Schlitzes eine Reihe von Löchern an derselben Stelle. Diese heute auf wenige Gattungen und Arten zurückgegangene Familie ist in den älteren und mittleren Formationen mit mehreren Gattungen und vielen Arten reichlich verbreitet.

Pleurotomaria hat meist ein kegelförmiges Gewinde mit entweder gewölbten oder abgeflachten Umgängen. An der rechten Lippe der Mündung erscheint ein Schlitz, der auch noch auf dem älteren Schalentheil als Schlitzband sich kund giebt. Diese Gattung beginnt im unteren Silur und ist noch in der oberen Kreide artenreich vertreten, aber in Tertiär-Schichten nur spärlich. Heute leben von ihr nur noch sehr wenige Arten in wärmeren Meeren.

Murchisonia begreift thurmförmig verlängerte Pleurotomarien, deren Mündung zuweilen in einem kurzen Canal ausgezogen erscheint. Arten silurisch bis permisch.

Die Familie *Bellerophontidae* ist erloschen und wurde oft den Heteropoden zugezählt, sie schliesst sich aber näher an *Emarginula* und *Pleurotomaria* an. Man zählt dahin namentlich paläozoische Gattungen wie *Bellerophon, Porcellia, Tubina (Tuba)* u. a. Ihr Gehäuse ist symmetrisch und in einer Ebene eingerollt, mit bald breiter bald schmaler und hoher Mündung. Diese führt entweder

auf der medianen Wölbung einen Schlitz, der ein Schlitzband hinterlässt, oder es erscheint wieder statt dessen eine mediane Reihe von Oeffnungen.

Bellerophon hat meist ein kugeliges Gehäuse mit Schlitz und Schlitzband. Die Arten sind vom silurischen bis zum permischen Systeme verbreitet. (Vergl. I., pag. 122 und 222). Die meist ziemlich dickwandige Schale deutet minder auf einen Schwimmer, wie es die lebenden dünnschaligen Heteropoden sind, sondern eher auf eine träge küstenbewohnende Sohlenschnecke.

Wenig verschieden davon ist die Gattung *Porcellia*, ihr Gehäuse ist scheibenförmig und weit genabelt, fast symmetrisch. Die Arten finden sich vom Silur bis zur Trias verbreitet.

Die Ctenobranchier oder Kammkiemer, *Ctenobranchia*, bilden bei weitem die Mehrzahl der Prosobranchier-Ordnung. Sie besitzen auf dem Rücken eine Athemhöhle mit einer oder zwei ungleichen Kiemen. Die rechte ist die Hauptkieme, sie ist gross ausgebildet und kammförmig. Neben ihr zur linken liegt noch eine Nebenkieme, die mehr oder weniger verkümmert ist und ganz fehlen kann. Hierher gehört eine grosse Menge von Familien, meist Meerschnecken, aber auch einige wie die *Paludinidae*, *Melanidae* und *Valvatidae* mit Süsswasserbewohnern und andere mit lungenathmenden Landbewohnern, wie *Cyclostoma*.

In der Primordial-Fauna beginnen die Ctenobranchier bereits mit mehreren Gattungen wie *Euomphalus*, *Capulus*, *Loxonema* u. a. Es sind nur Formen mit ganzrandiger Mündung.

Im devonischen System führten wir eine hierher gehörige Art, *Macrocheilus arculatus* SCHLOTH. auf. (Vergl. I, pag. 222). Bei dieser Gattung ist die Mündung oval oder rundlich und zuweilen am Grunde mit einem seichten Ausgusse versehen. Die Innenlippe der Mündung bildet eine stumpfe Falte an der Basis der Spindel. Arten devonisch, im Kohlenkalk und in der Trias.

Die süsswasserbewohnenden Ctenobranchier sollte man schon im Steinkohlen-System erwarten, man findet deren aber hier noch nicht. Die frühesten Funde stammen aus dem Dogger oder mittleren Jura, wo sich *Paludina*, *Hydrobia* und *Melania* einstellen. Reichlicher erscheinen die Süsswasser-Ctenobranchier dann in den Purbeck- und den Wealden-Schichten.

Bei vielen Ctenobranchiern verlängert sich der Mantel nach vorn in eine röhrenförmige Rinne oder in eine ausgebildete Röhre, dies ist die Athemröhre oder der Sipho. Diese Röhre führt der Athemhöhle Wasser zu. Die damit ausgestatteten Schnecken heissen Siphonostomen oder Canaliferen. Dann zeigt sich auch vorn an der Schalenmündung ein Ausguss oder ein Ausschnitt oder ein mehr oder minder verlängerter Canal. Dieser entspricht dem Austritte des Athem-Sipho's. Die Siphonostomen sind meistentheils Raubschnecken, wie besonders die Arten von *Murex*, *Fusus*, *Purpura*, *Buccinum*, *Voluta* u. s. w.

Sie sind eine spätere Erscheinung und offenbar aus Holostomen allmählich hervorgegangen. Diese herrschen noch durch die ganze paläozoische Periode, auch noch in der Trias. Es erscheinen hier aber neben ihnen in den Cassianer Schichten oder dem unteren Keuper der Ost-Alpen eine kleine Anzahl von Siphonostomen mit noch sehr kurzem Canal wie *Cerithium*. In der rhätischen Stufe kommt hierzu noch die Gattung *Spinigera*. In der Jura-Periode nehmen die Siphonostomen weiter zu, namentlich erscheinen hier die Gattungen *Cerithium*, *Nerinea*, *Alaria*, *Spinigera*, *Purpuroidea*, *Pterocera* u. a.

Nerinea-Arten treten besonders im oberen Jura in den Vordergrund, diese Gattung erlischt mit der oberen Kreide und fehlt in den tertiären Schichten voll-

ständig. Es sind meist schlanke thurmförmige Gehäuse, deren Mündung vorn (unten) einen kurzen Canal oder seichten Ausguss zeigt. Auf der Spindel läuft immer eine oder einige Falten herab, zugleich erscheinen oft noch Falten aut der Innenseite der äusseren Wand der Umgänge. Es blieb daher für die Weichtheile des Thieres oft nur ein geringer Raum im Inneren des Gehäuses frei.

Pterocera, Fam. *Strombidae*, begreift grosse Gehäuse von auffallender Gestalt. Die Aussenlippe der Mündung ist bei erwachsenen Exemplaren in mehrere fingerartige Fortsätze ausgezogen, die Ränder derselben rollen sich etwas ein. Dazu kommt am Grunde der Mündung ein langer zurückgekrümmter Canal für den Austritt des Athem-Sipho's. Die Pteroceren beginnen im oberen Jura. Häufig in der Kimmeridge-Stufe ist *Pterocera Oceani* BRONGN. An der Aussenlippe erscheinen bei dieser Art ohne den Canal noch sechs lange Fortsätze. Mehrere *Pterocera*-Arten leben noch in tropischen Meeren.

Die Ordnung der Heteropoden oder Kielfüsser, *Heteropoda*, schliesst sich nach der Lage der Kiemen (vor dem Herzen) den Prosobranchiern an, weicht aber von ihnen durch die Gestaltung des Fusses ab. Ihr Fuss ist seitlich zusammengedrückt und stellt eine mediane und senkrechte Bauchflosse dar, welche das Thier zu raschem Schwimmen befähigt. Der Kopf ist ausgebildet und trägt Sinnesorgane, die Zunge trägt eine mit Stacheln besetzte Radula. Der Hinterleib ist zu einem Ruderschwanz ausgezogen.

Die Schale ist klein, dünn und zerbrechlich, nur wenig zu fossiler Erhaltung geeignet. Bei *Carinaria* ist sie mützenförmig mit einigen Spiralumgängen, die älteren sind etwas aufgewunden, die jüngeren aber symmetrisch.

Atlanta hat eine stark eingerollte Schale mit hohem Kiel, der an der Mündung breit ausgerandet ist. Auch hier ist das Gewinde anfangs kegelig aufgewunden, die späteren Umgänge aber sind symmetrisch und ertheilen der Schale eine scheibenförmige Gestalt.

Andere wie die Firoliden sind schalenlos.

Die Heteropoden überhaupt sind schwimmende Hochseebewohner, vorzugsweise in wärmeren Meeren, alle von räuberischer Lebensweise. Man kennt etwa 50 lebende Arten. Gehäuse von *Carinaria* und *Atlanta* finden sich als Seltenheit in Tertiärschichten. Man hat früher auch die paläozoische Gattung *Bellerophon* und einige andere zu den Heteropoden gestellt, allein ihre Gehäuse sind dickwandig und deuten auf Sohlenschnecken und zwar Aspidobranchier aus der Verwandtschaft von *Emarginula*.

Die Ordnung der Pulmonaten oder Lungenschnecken, *Pulmonata*, schliesst sich nach der Lage des Athmungsorgans (vor dem Herzen) auch noch den Prosobranchiern an, aber dasselbe enthält keine Kiemen mehr, sondern erscheint nur noch als ein einfacher, von einem Netze fein verzweigter Blutgefässe bedeckter Sack, der zur Luftathmung dient. Man nennt diese Athemhöhle eine Lunge, sie ist aber der Lunge der Wirbelthiere nur nach ihrer Verrichtung vergleichbar. Der Mantel bedeckt sie, den Luftzutritt vermittelt ein verschliessbares Athemloch.

Die Lungenschnecken bewohnen theils das Festland, theils das Süsswasser, andere, wie einige *Auricula*-Arten auch den Meeresstrand über der Fluth. *Limneus*-Arten, die in grosse Tiefen von Binnenseen gelangt sind, nehmen wieder eine Wasserathmung an.

Fast alle Lungenschnecken, namentlich die das Süsswasser bewohnenden,

sind Pflanzenfresser. Raubschnecken sind einige landbewohnende Gattungen, wie *Testacella, Daudebardia, Glandina, Hyalina* u. a.

Was die Schale der Lungenschnecken betrifft, so ist sie bei der Mehrzahl gross und spiral aufgerollt. Mützenförmig, auf der primitiven Stufe der Patellen stehen geblieben ist sie bei *Ancylus*. Klein geblieben und ohrförmig mit sehr geringem Gewinde erscheint die Schale bei *Testacella*. Nacktschnecken schliessen sich als weitere vorgerückte Stufe an, von ihnen hat *Limax* noch eine kleine flache schildförmige Kalkschale, die aber im Mantel versteckt liegt. Ein Deckel fehlt allen, auch den vollkommen beschalten Gattungen.

Man kennt über 6000 lebende Arten von Lungenschnecken, am artenreichsten sind die Gattungen *Helix* mit 1600—1700 und *Bulimus* mit mehr als 1000 lebenden Arten, dazu kommen dann noch über 700 fossile Arten.

Wahrscheinlich gingen die ältesten Lungenschnecken aus meerischen Prosobranchiern und zwar Strandbewohnern hervor, die sich über weitere Gebiete des feuchten Festlandes verbreiteten und hier sich neuen Lebensbedingungen anpassten. Näheres wissen wir darüber nicht. Es muss aber bereits sehr frühe vorgegangen sein, denn schon aus der Steinkohlenformation kennt man zwei Gattungen von Pulmonaten, *Pupa* und *Zonites*, beide aus der Steinkohlenformation von Neu-Schottland *(Nova Scotia)*. Zuerst fand sich *Pupa vetusta* Daws. *(Dendropupa)*, eine Art mit ungezähnter Mündung und zwar in Gesellschaft von Myriapoden uud Landamphibien im Schlamm einer Höhlung eines Sigillarien-Stammes. Ebenda fand sich *Zonites priscus* Carp.

Im Jura-System, namentlich in den Purbeck-Schichten folgt eine reichlichere Vertretung der Lungenschnecken, hier erscheinen die Gattungen *Planorbis, Lymneus, Physa* und *Auricula*. Die Süsswasserschichten der oberen Kreide-Stufe von Rognac u. a. O. in der Provence lieferten viele merkwürdige Pulmonaten-Reste, namentlich die erloschene Gattung *Lychnus*, Fam. *Helicidae* mit mehreren Arten. Sie ist ausgezeichnet durch die erst stark auf, dann steil abwärts gebogene Schlusswindung des Gehäuses. Typische *Helix*-Arten zeigen sich zuerst im unteren Eocän. Im Verlaufe der tertiären Stufen nimmt dann die Zahl der lungenathmenden Gattungen noch zu und noch mehr die der Arten.

Es bleibt uns noch die kleine Ordnung der Opisthobranchier oder Hinterkiemer, *Opisthobranchia*, bei denen die Kiemen hinter dem Herzen gelegen sind. Hierher gehören eine Anzahl von Meeresbewohnern von verschiedener Lebensweise. Viele sind nackt, seltener wird die Schale so gross, dass das Thier sich ganz darin zurückziehen kann, dabei kommen Schalen von sehr verschiedener Gestalt vor. Man kennt etwa 850 lebende und ungefähr 350 fossile Arten. Letztere vertheilen sich auf die Gattungen *Actaeonina, Actaeon, Actaeonella, Cinulia, Avellana, Ringicula, Bulla, Umbrella, Tylodina* u. a.

Die am frühesten im geologischen Archiv auftauchende Gattung ist *Actaeonina*, Fam. *Actaeonidae*. Man erwähnt ihr Vorkommen im Kohlenkalk, demnächst auch in den Cassianer Schichten (unterer Keuper) der Ostalpen. Das Gehäuse ist bei ihr in kegliger Spirale aufgewunden, eiförmig oder thurmförmig mit grosser Schlusswindung und vorn gerundeter Mündung. Spindel vorn verdickt, ohne Falten.

Die Gattung *Actaeonella* hat ein eiförmiges aufgeblähtes Gehäuse mit kurzem Gewinde, grosser Schlusswindung und schmaler Mündung. Spindel vorn verdickt, mit drei starken Falten. Actäonellen sind häufig in der mittleren und oberen Kreideformation, besonders in den Ostalpen (Gosau u. a. O.) und in Süd-Frank-

reich. Einige Arten scheinen brackisch gewesen zu sein. Im Eocän ist *Actaeonella* schon erloschen.

Die Gattung *Actaeon (Tornatella)* beginnt in der Trias und ist sowohl in tertiären Schichten als auch lebend in den heutigen Meeren gut vertreten. Gehäuse eiförmig oder cylindrisch eiförmig, eingerollt, mit grosser Schlusswindung, meist spiral gestreift oder spiral punktirt. Die Spindel trägt vorn 1—2 oder 3 Falten. *Actaeon tornatilis* L. findet sich fossil in miocänen und pliocänen Schichten, lebend im Mittelmeer und im britischen Meer. Gehäuse 15 Millim. hoch.

Als eigene Klasse und als Mittelstufe zwischen Gasteropoden und Cephalopoden betrachten die meisten neueren Zoologen die sehr eigenthümliche Abtheilung der Pteropoden oder Flossenfüsser, *Pteropoda.* Es sind schwimmende nächtliche Hochseethiere, welche zum Theil in grossen Schwärmen die Meere bevölkern und des Tages sich in die Tiefe zurückziehen. Sie sind Fleischfresser und leben von kleineren Weichthieren, Krustenthieren u. dgl.

Ihr Körper ist im Allgemeinen länglich gestreckt, der Kopf meist vom Rumpf nur undeutlich abgesondert oder auch ganz verkümmert. Manche haben eine stachelige Zunge. Andere zeichnen sich durch ein paar mit Saugnäpfen bewaffnete Fühler aus. Der Fuss des Thieres ist hier der schwimmenden Lebensweise gemäss zu zwei seitlichen flügelartigen Lappen — oder Flossen umgebildet. Mittelst dieser Brustflossen, dieselben auf und nieder bewegend, flattern die Pteropoden im Meere umher. Sobald die Flossen in Ruhe treten, sinkt das Thier in die Tiefe.

Ausser nackten Pteropoden gibt es auch eine Anzahl Gattungen mit Schale und Mantel. Ihre kleinen zarten Schalen finden sich häufig im Tiefseeschlamm verschiedener Tiefen. So namentlich im Globigerinen-Schlamm in der Nähe der Antillen und im mexikanischen Meerbusen in 860 Faden Tiefe (1512 Meter). Doch können sie auch gelegentlich in Absätze am Rande flacher Küsten gelangen.

Die Pteropoden überhaupt sind über alle Meere, auch die der kalten Zonen, verbreitet. Man kennt lebend über 200 Arten. Was die fossilen betrifft, so schliessen sich der lebenden Gattung unmittelbar entsprechende Formen aus tertiären Meeresschichten an. Dazu stellt man aber auch noch in Ermangelung besserer Kenntniss gewisse paläozoische Gattungen mit mehr odet minder ähnlichen Gehäusen.

Die Gattung *Hyalaea* hat ein seltsam gestaltetes symmetrisches bauchigtaschenförmiges Gehäuse. Die Mündung desselben ist quer und etwas verengt. Dazu kommen oft noch eigene seitliche Aufschlitzungen. Der hintere oder untere Theil trägt 1—3 Stacheln. Arten lebend, auch einige in miocänen und pliocänen Ablagerungen verbreitet.

Die Gattung *Cleodora* hat ein dreikantig-pyramidales, vorn erweitertes, hinten zugespitztes Gehäuse. Arten miocän, pliocän und lebend.

Daran schliesst sich die erloschene Gattung *Vaginella.* Ihr Gehäuse ist gerade, taschenförmig-kegelig, etwas zusammengedrückt, unten zugespitzt. Die Mündung ist weit und elliptisch, etwas abgeschnürt, die Oberfläche glatt. Arten fossil im Oligocän und im Miocän. *Vaginella depressa* Daud., *Cleodora strangulata* Desh. ist häufig im Miocän von Dax bei Bordeaux.

Hierzu kommt das Auftreten pteropodenartiger Gehäuse in den älteren Formationen. Sie bieten der Deutung einige Schwierigkeiten, indem sie von den Schalen der heute lebenden Gattungen ziemlich weit abweichen. Dahin gehören besonders *Conularia, Hyolithes, Tentaculites* u. a., die besonders in silurischen und devonischen Schichten verbreitet erscheinen. Die Lücke ist um so grösser als

man aus Jura und Kreide nur wenige und zweifelhafte Pteropoden-Reste kennt, auf die sich noch nicht bauen lässt.

Bei der Gattung *Conularia* ist das Gehäuse vierseitig-pyramidal, mehr oder minder gestreckt, oben abgestutzt. Die Oberfläche ist ausgezeichnet querstreifig. Die Seitenflächen zeigen je eine mediane Längsfurche. Die Querstreifung wird dadurch abgelenkt. Gut erhaltene Exemplare zeigen eine vierseitige stark verengte Mündung, den vier Seitenflächen entsprechen vier nach innen gebogene Lappen. Die Conularien stellen die grössten aller bekannten Pteropoden dar. Ihr Gehäuse wird 1—20 Centim. lang. Es bleibt aber immer ziemlich dünnwandig. Die Arten sind im silurischen System am häufigsten und nehmen im devonischen und im Kohlenkalk ab. Im Lias soll die Gattung erlöschen.

Hyolithes (Theca, Pugiunculus) hat ebenfalls eine ziemlich grosse Schale. Sie ist schlank, gerade oder schwach gebogen, etwas dreikantig, dünnwandig, glatt oder feinstreifig. Ihre Mündung ist schief, mit einer vorragenden Zunge, abgerundet dreiseitig. Dieselbe schliesst ein elliptischer Deckel. Das Unterende ist geschlossen. Diese Schale wird 4—5 Centim. lang. Man kennt über 80 Arten, die meisten aus dem Silur-System. Die Gattung soll im permischen System erlöschen.

Tentaculites gilt auch für eine Pteropoden-Gattung. Das Gehäuse ist schlank kegelförmig und drehrund, mit vielen erhabenen Querreifen — oder stehen gebliebenen Mundsäumen — nach unten zugespitzt und geschlossen. Die Arten sind silurisch und devonisch, sie bedecken oft ganze Schichtenflächen in zahlloser Menge. Man hat die Tentaculiten früher auch für Röhren von Würmern (Anneliden) genommen.

Wir wenden uns zur Klasse der Cephalopoden oder Kopffüsser, *Cephalopoda*. Sie ist die höchste des Reiches der Weichthiere und präludirt schon in manchen Stücken den Wirbelthieren.

In der Fauna der heutigen Welt stehen die Cephalopoden sehr vereinzelt und sind von ihren nächsten Verwandten, den Gasteropoden und Pteropoden durch eine weite Kluft geschieden. Hiermit in Einklang steht die Thatsache, dass sie schon in den ältesten fossilführenden Lagern, namentlich zahlreich im sogen. Vaginatenkalk des unteren Silur-Systems durch typisch ausgebildete Formen vertreten erscheinen. Weiterhin steht auch damit der Umstand in Einklang, dass die individuelle Entwicklungsgeschichte der lebenden Arten eine stark abgekürzte ist und über Descendenz der Klasse nur noch wenig Aufschluss gewährt.

Gross ist der Abstand der Cephalopoden von den Gasteropoden und Pteropoden, namentlich scheidet sie von diesen der durch eine mehr oder minder deutlich vom Rumpfe abgegrenzte und von einer Anzahl Arme oder Fühler im Kranze umgebene Kopf.

Ihr Rumpf ist im Allgemeinen von sackförmiger Gestalt, bald mehr gerundet, bald mehr in die Länge gestreckt. Der Hals ist mehr oder minder deutlich ausgedrückt. Darüber folgt der kugelige Kopf. An seinem Vorderende befindet sich der Mund, kreisförmig umstellt von zahlreichen Fühlern oder von einer geringeren Anzahl sogen. Arme, welche letzteren dann mit Saugnäpfen oder mit Krallen bewaffnet erscheinen. Es sind muskulöse Fortsätze des Mundrandes.

Die Mundhöhle enthält ausser einer mit einer *Radula* von Hornspitzchen versehenen Zunge noch zwei grosse schnabelförmige Kiefern.

Zur Seite des Kopfes stehen zwei grosse meist vorgequollene Augen, die an

Höhe der Ausbildung schon sehr denen der Fische gleich kommen. Auch andere Sinnesorgane sind vorhanden.

Bei allen erscheint im Innern des Kopfes ein fester, meist aus mehreren Stücken bestehender Kopfknorpel, welcher ein Gehirn mit Nerven und Ganglien, sowie die Sinnesorgane stützt und schirmt. Uebrigens ist die Ausbildung dieses Kopfknorpels je nach den Ordnungen verschieden.

Den Rumpf umhüllt der sackförmige mehr oder minder muskulöse Mantel, aus welchem nur nach oben (vorn) der Kopf hervortritt. Am Rücken liegt der Mantel dem Rumpfe dicht an, an der Bauchseite aber bildet er einen geräumigen Beutel, die Kiemenhöhle oder Athemhöhle, an deren Grund die zwei oder vier blätterigen (pinnatifiden) Kiemen in symmetrischer Anordnung stehen.

Der Mantel ist nur gegen oben an der Bauchseite geöffnet und diese Lücke bildet den Zugang zur Kiemenhöhle. Sie kann geöffnet werden und dann tritt das Wasser in die Höhlung ein. Der Mantel kann hier aber auch kräftig zusammengezogen werden und übt dann einen Druck auf das Wasser in der Kiemenhöhle aus.

In der Mediane des Mantelschlitzes liegt noch ein eigenthümliches trichterförmiges Organ, welches am Hals anliegt und an welches der Mantelrand sich alsdann anpresst, so dass das Wasser durch den Trichter ausweichen muss. So wird das Wasser wieder ausgetrieben, welches in der Kiemenhöhle zur Athmung gedient hat. Hierauf beruht die Athmungsbewegung des Thieres, auch unter stärkerer Anspannung der Muskeln die Schwimmbewegung desselben.

Der Trichter ist eine fleischige und muskulöse trichterförmige, am Hals anliegende Röhre, die nach oben (vorn) sich öffnet. Schliesst sich die Mantelspalte und tritt die Muskulatur des Mantels in Thätigkeit, so bleibt für den Austritt des Wassers aus der Kiemenhöhle nur die Oeffnung des Trichters frei. Dasselbe wird daher mit Heftigkeit nach vorn ausgeworfen. Dabei wird der Thierkörper durch den Rückprall der Kraft entsprechend zurückgestossen. Das Thier schwimmt so nach rückwärts, das Hinterende des Rumpfes nach vorn gewendet.

Der Trichter kommt allein nur bei Cephalopoden vor. Er gilt nach dem Verlauf der Entwicklungsgeschichte als ein dem Fusse der Gasteropoden homologes Organ.

Ein Theil der heute lebenden Cephalopoden hat eine in einer Ebene spiral eingerollte gekammerte oder ungekammerte, äusserliche oder innerliche Kalkschale. Diese Schale ist äusserlich und gekammert bei *Nautilus*. Sie ist äusserlich und ungekammert bei *Argonauta*. Dagegen ist die Kalkschale von *Spirula* halbinnerlich, in freier Spirale ausgerollt (evolut) und gekammert.

Andere heute lebende Cephalopoden haben eine innerliche am Rücken gelegene und im Mantel eingeschlossene schildförmige oder spatelförmige Schale oder vielmehr nur ein dem Rückgang verfallenes Schalen-Rudiment, die sogen. Schulpe (franz. *lame dorsale)*. So hat *Sepia* eine schildförmige kalkige Schulpe — das *Os sepiae*. Spatelförmig und hornig ist die Schulpe bei *Loligo* und *Onychoteuthis*. Ganz schalenlos — auch ohne innerlichen Schalenrest — sind *Octopus* und *Eledone*.

Noch grösser erscheint die Mannigfaltigkeit in dieser Hinsicht bei Einbeziehung der fossil vorkommenden und erloschenen Cephalopoden-Formen. Namentlich zeichnet sich hier *Orthoceras* durch eine äussere, gerade gekammerte

Kalkschale aus, *Belemnites* durch eine Rückenschulpe, einen gekammerten Kegel, *phragmoconus*, und eine dem letzteren angefügte Scheide, *rostrum*.

Die Cephalopoden leben sämmtlich im Meere und meist schwimmend — gleich den Pteropoden, aber mit anderem Schwimmapparat. Sie finden sich in allen Meeren, doch am meisten in den wärmeren. In den kälteren Meeren erscheinen auch noch einige Arten und z. Th. in grosser Menge der Individuen. Die meisten leben auf offener See und diese sind gute Schwimmer. Andere Cephalopoden sind schlechte Schwimmer und halten sich in der Nähe der Küsten auf. Sie kriechen auf dem Boden — in umgekehrter Stellung — den Kopf nach unten gewendet. So namentlich *Octopus* vermittelst der Arme.

Die heute lebenden Cephalopoden zerfallen nach der Zahl ihrer Kiemen in zwei weit von einander abstehende, an Zahl der Gattungen und Arten sehr ungleiche Ordnungen, Vierkiemer und Zweikiemer.

Die Vierkiemer, *Tetrabranchiata*, sind in der Jetztwelt nur noch durch den *Nautilus* des indischen Oceans mit ein paar Arten vertreten. Sie sind die letzten vereinsamten Nachzügler des grossen Heeres der Nautilen, Lituiten, Orthoceren u. s. w., welche für paläozoische Meeresablagerungen so bezeichnend sind. Vom Lias an leben von ihnen nur die Nautilen allein noch fort.

Die Zweikiemer, *Dibranchiata*, begreifen heutzutage über 200 Arten. Sie sind eine jüngere Abzweigung und treten zuerst im Keuper fossil auf. Von lebenden gehören dahin namentlich *Sepia, Loligo, Onychoteuthis, Spirula, Argonauta, Octopus.* Dazu kommen noch eine Anzahl fossiler Formen, namentlich die in der mesozoischen Periode in reichlicher Artenmenge über die Meere verbreiteten Belemniten.

Dazu kommt noch das zahlreiche Heer der fossilen und erloschenen Ammoneen oder Ammoniten. Sie beginnen mit *Goniatites* in den obersten silurischen Schichten. Der letzte Ammonit erlischt mit den oberen Kreide-Ablagerungen. Ihre Artenzahl in Jura und Kreide beläuft sich auf ein paar Tausend. Von diesen Ammoneen kennt man wenige Charaktere, die über die Organisation des Thieres Aufschluss gewähren und ist daher ausser Stande ihre Beziehung zu beiden lebend vertretenen Ordnungen entscheidend festzustellen. Man kann sie aber als eigene, also dritte Ordnung aufführen.

Das alles steht im Einklang mit dem geologisch sehr hohen Alter der Cephalopoden-Klasse, deren fossile Vertreter schon in der Primordial-Zone den Klassen-Typus erkennen lassen. Die Geologie lässt uns also bei der Frage nach dem ersten Ursprung derselben ganz im Stich. Fast ebenso auch die vergleichende Entwicklungsgeschichte. Im Ganzen genommen kann man es aber als wahrscheinlich erachten, dass die Cephalopoden schon in einer sehr frühen Zeit — schon vor der BARRANDE'ischen Primordial-Epoche — sich von einer noch älteren Schnecken-Form abzweigten. Hierbei kommen am meisten die Pteropoden mit ihrer schwimmenden Lebensweise in Betracht. Diese bilden noch jetzt eine Art von Mittelstufe zwischen Gasteropoden und Cephalopoden und aus einem primitiven Zweige derselben mögen unter allmählich steigender Ausbildung des Kopfes und seines Fühlerkranzes die ersten Cephalopoden hervorgegangen sein.

Wir betrachten zuerst die Ordnung der Tetrabranchiaten oder Vierkiemer, *Tetrabranchiata*. Sie haben vier Kiemen und einen Kranz von zahlreichen einziehbaren Fühlern oder Tentakeln. Aus dieser Ordnung leben in der heutigen Welt nur noch zwei Arten, *Nautilus Pompilius* LIN. und *N. um-*

bilicatus, beide im indischen und polynesischen Meer. Wir haben diese in Betracht ihrer Wichtigkeit für das Verständniss ihrer erloschenen Vorfahren zunächst ins Auge zu fassen.

Sie besitzen eine spiral eingerollte gekammerte Kalkschale, die einen ausgezeichneten hydrostatischen Apparat darstellt. Das Thier sitzt so in der vordersten Kammer der Schale, dass es seinen Rücken der Intern-Seite (Nabelseite, Rückenseite) derselben zuwendet. Der Bauch des Thieres mit der Trichter-Mündung ist der Wölbungsseite, (der Externseite oder dem sogen. Rücken der Schale) zugekehrt. Diese Seite erscheint dadurch als Bauchseite oder Ventrale charakterisirt und man thut daher wohl daran, künftig zur Vermeidung weiterer Verwechslungen die Extern-Seite gar nicht mehr Rücken zu nennen, wie es während mehrerer Jahrzehnte gebräuchlich war.

Das Thier ist von gedrungener länglichrunder Gestalt und grösstentheils vom sackförmigen Mantel eingeschlossen, der sich überall genau an die Wohnkammer anlegt. Der Kopf ist nur durch eine schwache Einschnürung vom Rumpfe geschieden. Den Mund umgeben zahlreiche (88—90) kurze geringelte Fühler, *tentacula*, die vorzugsweise zum Tasten geeignet erscheinen und nicht mit besonderen Waffen (Saugnäpfen und Krallen) versehen sind. Sie können vollständig in ihren Grund zurückgezogen werden. Nach diesen Fühlern heissen die Nautilen auch *Tentaculifera*.

Im Munde stehen zwei symmetrisch angelegte kalkighornige Kiefern *(mandibulae)*, die in ihrer Gestalt einigermaassen einem Papagayen-Schnabel ähneln. Sie sind viel kräftiger gebaut als die der Dibranchiaten und namentlich durch Kalkausscheidungen verstärkt. Am Oberkiefer besteht das Vorderende des Schnabels aus weisser dichter Kalkmasse. Ebenso ist der hornige Unterkiefer an der aufgebogenen Schnabelspitze mit einer dünnen Kalk-Lage versehen. Diese Kiefern öffnen sich von oben nach unten — also wie bei Wirbelthieren.

Der Mantel bildet an der Rückenseite des *Nautilus* einen breiten fleischigen Fortsatz, der am benachbarten Theile der letzten Windung anliegt. Dieser dorsale Lappen des Mantels sondert noch eine besondere äussere Schicht an derselben ab.

Dazu kommt noch die sogen. Kopfkappe *(le capuchon)* an der dorsalen Seite des Fühlerkranzes. Es ist eine fleischige deckelartige Masse, welche die Fühler beschützt, die Schale nach Willkühr abschliesst und vielleicht auch beim Kriechen mitwirkt. Sie hat einigermaassen den Umriss der Schalenmündung.

In der halben Länge des Rumpfes liegen die beiden Muskeln, welche das Thier an der Innenwand des ihm zur Wohnung dienenden vorderen Schalentheils befestigen. Diese Haftmuskeln erzeugen ebenda schwache Eindrücke.

Es bleibt uns nun noch die Aufgabe, auch die gekammerte Kalkschale des *Nautilus* mit ihren Septen und ihrem Sipho genauer zu betrachten.

Beim lebenden *Nautilus* sowie bei den fossilen Nautileen und Ammoneen erscheint eine gekammerte Schale, die einen hydrostatischen Apparat darstellt und meist von symmetrischer Gestalt ist. Diese Kalkschale ist durch eine Reihe von regelmässigen, in bestimmten von hinten nach vorn in allmählich zunehmenden Abständen angesetzten Scheidewänden oder Septen in eine entsprechende Folge von Kammern abgetheilt, die bis zur vorderen Wand mit Luft erfüllt sind. Nur die letzte gewöhnlich durch bedeutendere Grösse ausgezeichnete Kammer wird vom Thiere eingenommen. Dies ist die Wohnkammer. Sie bildet bei *Nautilus Pompilius* beiläufig die Hälfte der Länge des letzten Umganges oder darüber.

Bei zunehmendem Wachsthume vergrössert das Thier seine Schale nach vorn, zieht sich aber zugleich — da ihm der hintere Theil der Wohnkammer nun zu eng wird — eine gewisse Strecke weit empor und bildet dann hinter sich eine neue Scheidewand, welche die neue Wohnkammer nach hinten abschliesst.

Die Scheidewände oder *septa* der Kammern sind nie ganz vollständig, sondern immer an einer Stelle durchbrochen. Ein Loch der Scheidewand verbindet daher je zwei Kammern (d. h. bei todten, von der thierischen Materie befreiten Gehäusen). Beim *Nautilus* setzt sich das Loch noch in eine nach hinten gewendete, mehr oder minder lange trichterförmige Kalkröhre fort. Dies ist die Siphonal-Dute. (Sie ist bei manchen fossilen Nautileen und Ammoneen nach vorn gerichtet.)

Die sämmtlichen Scheidewände mit ihren trichterförmigen Anhängen durchsetzt bei *Nautilus* — wie auch den übrigen Nautileen und den Ammoneen — der Sipho, ein häutiger, im Inneren mit Blutgefässen versehener Strang mit dünner (bei anderen Formen dickerer) äusserer Kalkhülle. Dieser organische Strang entspringt aus dem Hinterende des Rumpfes und befestigt das Thier an die Schale. Es ist wohl eine Ausstülpung des Mantels, die von der Anfangskammer an sich forterhielt. Der Sipho liegt bei *Nautilus* in der Mediane und zwar etwas näher der Wölbungsseite.

Bei den lebenden und der Mehrzahl der fossilen Nautilen sind die Scheidewände einfach nach hinten oder einwärts gewölbt — dem gerundeten Hinterende des Thieres entsprechend. Ihre Vorderseite ist also concav. Die Anheftungslinie dieser Scheidewände an die Schale ist oft ganz einfach. Bei anderen Nautilen sind die Scheidewände sanft auf und ab gebogen. Die Anheftungslinie ist dann wellenförmig. Selten ist sie gezackt, wie bei *Aturia*.

Der gekammerte Theil der Schale ist mit Luft erfüllt und stellt einen hydrostatischen Apparat dar, der offenbar den Vortheil gewährt, das specifische Gewicht von Thierkörper und Schale etwas zu vermindern, also dem Thiere das Schwimmen zu erleichtern. Der Sipho hat daran keinen Antheil — es sei denn bei der ersten Herrichtung jeder letzten Luftkammer. Das Thier kann die Luftkammern nicht mit Wasser füllen, auch nicht die darin enthaltene Luft zusammendrücken, um sich zu Boden zu senken. Wahrscheinlich genügt es, wenn das Thier niedergehen will, sich mit dem ganzen Körper möglichst in die Wohnkammer zurückzuziehen. Der Sipho hat wohl nur die Verrichtung, das Absterben der Luftkammern zu verhüten.

Die *Nautilus*-Schale nebst ihrem Zubehör besteht hauptsächlich aus zwei Kalk-Schichten. Die äussere Seite der Schale bildet eine dünne matte gelbliche Schicht, sie ist schalig und porcellanartig. Dies ist das *Ostracum*. Es ergiebt sich unter dem Mikroskop als Anhäufung verschieden grosser kugeliger oder eiförmiger Kalkzellen. Die dickere innere Schicht der Schale besteht aus einer stark glänzenden Perlmutter-Masse. Sie ist nur eine innere Ausfütterung der äusseren Schalen-Schicht. Aus dieser Perlmutter-Masse bestehen auch die Scheidewände. Unter dem Mikroskop ergiebt sie sich als eine Folge von dünnen Kalklamellen mit senkrechter Querstreifung, sie scheint aus sehr feinen prismatischen Kalkzellen aufgebaut zu sein. Dazu kommt dann namentlich noch die schwarze Schicht des *Nautilus* auf der äusseren Wölbung des letzten Umganges. Sie trennt beim Anwachsen der Schale die einzelnen Umgänge von einander und geht vom Dorsal-Lappen des Mantels aus.

Die Gestalt der Schale der lebenden und fossilen Nautileen ändert mannig-

fach ab. Symmetrisch, in gleicher Ebene spiral gewunden, mit einander mehr oder minder umfassenden Umgängen versehen ist die Schale bei *Nautilus*. Aehnlich gewunden, aber mit freien Umgängen (evolut) ist die Schale bei *Gyroceras*. In einer Schneckenspirale um eine Achse aufgewunden ist die von *Trochoceras*. Ganz gerade und schlankkegelig — oft scheinbar walzig — ist die *Orthoceras*-Schale.

Hier kommt auch die Gestalt der Schalen-Mündung und die der Anfangskammer in Betracht. Die Mündung ist einfach und unverengt bei *Nautilus* und *Orthoceras*. Bei anderen Gattungen verengt sich mit dem Alter des Thieres die Mündung in auffallender Weise, so bei *Gomphoceras* und *Phragmoceras*, so beträchtlich, dass man annehmen kann, das Thier habe nur noch Fühler und Trichter hervorgestreckt.

Die Anfangskammer (Embryonalkammer) des Nautileen-Gehäuses ist napfförmig und gerade oder wenig gebogen, weder eingerollt noch genabelt. Sie ist mit Skulptur versehen und trägt an der hinteren Wand in medianer Lage eine eigenthümlich gestaltete Narbe. Diese deutet auf eine hinfällige ältere Kammer. Bei *Nautilus* ist die skulpirte Anfangskammer ein in der Mediane schwach gebogener Napf mit linearer medianer Narbe. Bei *Orthoceras* ist der Napf gerade und die Narbe kreuzförmig. (Ganz anders ist die Anfangskammer bei Clymenien, Goniatiten und Ammoniten.)

Wir gehen auf einige Nautileengattungen näher ein.

Bei der Gattung *Nautilus* ist das Gehäuse in einer Ebene gerollt und hat einige nicht sehr zahlreiche Umgänge. Bald umfasst der letzte derselben alle früheren, ohne einen Nabel frei zu lassen, wie beim lebenden *Naut. Pompilius*, bald bleibt ein Nabel offen, wie bei *N. umbilicatus*, bald berührt der letzte Umgang die früheren nur wenig, wodurch die Schale wie bei manchen älteren fossilen Nautilen eine flach scheibenförmige Gestalt annimmt. Die Scheidewände sind einfach oder wellenförmig auf und ab gebogen. Der Sipho durchsetzt die Scheidewände in der Mediane — bald central, bald subcentral, nie vollkommen randständig. Die Siphonal-Duten sind nach hinten gewendet und bisweilen lang. Die Gehäusemündung ist einfach, an der Wölbung meist mit seichtem Ausschnitt.

Nautilus-Arten erscheinen in fossiler Erhaltung schon im silurischen System und sind vom Kohlenkalk an in manchen Meeresabsätzen z. B. im unteren Lias von Schwaben häufig. Der lebende *Nautilus Pompilius* bewohnt das indische und das polynesische Meeresgebiet. Er hält sich meist in offenem Meere auf, doch findet man ihn an Korallen-Inseln auch in seichtem Wasser schwimmend und kriechend.

Man hat unter den *Nautilus*-Arten eine Anzahl von Untergattungen unterschieden, als eigene Gattung betrachtet man gewöhnlich *Aturia*. Diese begreift Nautilen mit scheibenförmigem ungenabeltem Gehäuse und ganz umfassenden Umgängen. Die Naht der Scheidewände ist winkelig gebogen und bildet auf jeder Seite — rechts und links — einen tiefen Lobus. Der Sipho ist intern (dorsal) wie bei den Clymenien; er ist dick und hat lange Duten, die bis zur nächsten Wand zurück reichen. Arten im Eocän und Miocän verbreitet. *Naut. Aturi* Bast. findet sich im Miocän von Bordeaux in Turin.

Kalkige Kiefern, die denen des lebenden *Nautilus* so nahe kommen, dass man sie erloschenen Nautilen zuschreiben darf, finden sich in marinen Lagern des Jura und der Kreide, doch nur spärlich. Dazu kommen eine Anzahl von Schnäbeln aus Trias und Jura, die stärker abweichen und daher problematisch

bleiben. Dahin gehört namentlich *Rhyncholithes hirundo* BIG., ein Oberkiefer und *Conchorhynchus avirostris* BLAINV., ein Unterkiefer aus dem deutschen Muschelkalk (u. a. Baireuth), die man gewöhnlich auf *Nautilus bidorsatus* BRONN, desselben Lagers bezieht.

Lituites hat anfangs eine scheibenförmige in einer Ebene gerollte nautilenähnliche Schale, aber dann löst sich der letzte Umgang von der Spirale ab, streckt sich zu einem mehr oder minder langen geraden Stabe aus und krümmt sich schliesslich mit einem kurzen Haken wieder zurück. Bei manchen Arten liegen auch die Umgänge der Scheibe frei. Sipho subcentral oder der Innenseite genähert. Arten im unteren und im oberen Silur-System. *Lituites lituus* MONTF. findet sich im Vaginatenkalk des Nordens und erreicht 30 Centim. Länge.

Ophidioceras simplex BARR., aus dem oberen Silur von Böhmen zeichnet sich durch Kürze des stabförmig gestreckten Schalentheiles, sowie durch eine verengte und gelappte Mündung aus.

Orthoceras hat eine gerade schlank-kegelige oder rascher anwachsende, im Querschnitt meist kreisrunde Schale. Die Wohnkammer ist gross und nimmt zuweilen über die Hälfte der Länge des Gehäuses ein. Mündung einfach, mehr oder minder kreisrund, bisweilen durch einen Wulst verengt. Scheidewände einfach concav. Sipho central oder subcentral oder nahezu randlich (ventral), entweder einfach-walzig oder perlschnurförmig. Siphonal-Duten gegen hinten gewendet, kurz. Diese Schale war wie die der übrigen Nautileen äusserlich. Man findet nämlich bisweilen die älteren Kammern abgestossen und die Bruchstelle wieder ergänzt. Die *Orthoceras*-Arten sind vom unteren Silur an bis in die alpine Trias (Hallstätter Kalk) verbreitet und mit letzterem Horizont erlöschen sie. Sie sind sehr zahlreich, BARRANDE zählte 1146 Arten. Die meisten derselben gehören dem oberen Silur an. Manche Arten erreichen 1—2 Meter Länge und alsdann bis 30 Centim. Dicke.

Endoceras entspricht QUENSTEDT's Gruppe der Vaginaten. Das Gehäuse ist schlank gestreckt, fast walzenförmig, im Querschnitt meist kreisrund. Der Sipho ist sehr dick und bildet $\frac{1}{3}$ des Durchmessers des Gehäuses und darüber. Er ist nahezu oder ganz randständig (ventral). Er wird durch aufeinanderfolgende Schichten von Kalk allmählich bis auf den letzten Trichter hinter der Wohnkammer ausgefüllt. Er lässt sich leicht aus dem Gehäuse ablösen. Siphonal-Duten lang, bis zur vorhergehenden Scheidewand reichend. Sutur-Linie in der Regel am Sipho einen mehr oder weniger tiefen Ventral-Lobus bildend, sonst einfach. Arten silurisch, etwa 40, oft von sehr ansehnlicher Grösse. *Endoceras duplex* WAHL., findet sich im untersilurischen Kalk (sogen. Vaginatenkalk) der Kinnekulle in Schweden und erreicht zuweilen 1—2 Meter Länge.

Die Ammoneen, *Ammonea,* sind eine erloschene sehr formenreiche Abtheilung der Cephalopoden, zu denen ausser den in neuerer Zeit in eine ziemlich grosse Anzahl von Gattungen abgetheilten Ammoniten noch die Clymenien, Goniatiten, Ceratiten, Baculiten u. s. w. gehören. Da man ihre Weichtheile nicht kennt, bleibt die Ermittelung ihrer Beziehungen zu den beiden lebend vertretenen Cephalopoden-Ordnungen mit Schwierigkeiten verknüpft. Man hat sie eine Zeit lang als eine Unterordnung der Tetrabranchiaten betrachtet, aber man ist dessen keineswegs sicher, dass sie wirklich vier Kiemen besassen.

Mit den Nautileen gemeinsam haben sie den Umstand, dass auch bei ihnen weder Tintenbeutel noch Hornkrallen nachgewiesen sind, dagegen scheidet sie von ihnen die abweichende Gestalt der Anfangs-Kammer, sowie mit weiterem

Heranwachsen auch in der Regel der zusammengesetztere Verlauf der Nahtlinie. Es ist darnach wohlgethan, sie als eigene Ordnung zu betrachten und zwischen Tetrabranchiaten und Dibranchiaten einzuschalten. Dies passt auch dazu, dass sie schon mit dem devonischen System völlig ausgebildet anheben und wohl schon viel früher entstanden sind — vermuthlich aus einer mit den Nautileen gemeinsamen primitiveren Stammform.

Alle Ammoneen besitzen ein gekammertes Gehäuse, dessen letzte grosse Kammer oder Wohnkammer das Thier beherbergte, während die älteren einen hydrostatischen Apparat zusammensetzen. Darin kommen sie vielfach mit Nautileen überein. Meist ist die Schale spiral eingerollt, bald scheibenförmig, bald kugelig und im letzteren Falle oft tief genabelt.

Spiral in derselben Ebene eingerollt, mit einander berührenden oder einander mehr oder minder umfassenden Umgängen ist die Schale bei den Ammonitengattungen, sowie bei *Goniatites*, *Ceratites* und *Clymenia*. Ebenso in Scheibenform eingerollt, aber mit freien Umgängen (evolut) ist die Schale bei *Crioceras*, ähnlich aber nur zu einem halben Umgang ausgebildet ist sie bei *Toxoceras*. In Schneckenspirale aufgewunden sind *Turrilites* und *Cochloceras*. Hakenförmig gekrümmt ist die Schale von *Ancyloceras* und *Ptychoceras*, endlich stabförmig ausgestreckt die von *Baculites* und die von *Rhabdoceras*.

Was die Beziehung der sogen. Rückenseite und Bauchseite der Ammoneen-Spirale zum Rücken und Bauch des Thieres betrifft, so gilt hierüber, was schon bei den Nautileen gesagt wurde. Das Thier sass wahrscheinlich so in der Schale, dass es dem convexen oder externen Theile, dem sogen. Rücken derselben den Bauch zuwendete. Man muss also die Wölbungsseite oder Externseite der Schale als Bauchseite betrachten — die dem Nabel zugewendete Internseite aber als Rückenseite. Die Paläontologen haben während einer Reihe von Jahren — erst aus Unbekanntschaft mit dem Thiere des *Nautilus*, dann aus Liebe zum Hergebrachten — eine umgekehrte Benennung für die Schale und ihre Theile beobachtet.

Die Wohnkammer der Schale ist von sehr verschiedener Länge. So nimmt sie bei *Arcestes (Ammonites subumbilicatus* BRONN, aus der oberen alpinen Trias) beiläufig 1½ Umgänge ein. Bei anderen Ammoniten ist sie viel kürzer. So umfasst bei *Harpoceras* (*Ammonites radians* aus dem oberen Lias) die Wohnkammer kaum einen halben Umgang.

Im Inneren der Wohnkammer und ziemlich weit zurückgelegen bemerkt man — ähnlich wie bei *Nautilus* — Eindrücke von Haftmuskeln.

Die Mündung ist bei manchen Ammoniten einfach. So bei *Lytoceras (Ammonites fimbriatus* Sow. aus dem mittleren Lias.) Sie ist hier nur an der Internseite rechts und links in einen Lappen ausgezogen. Bei anderen Ammoniten bildet die Mündung einen medianen Fortsatz an der Externseite (Ventralseite des Thieres.) So bei *Amaltheus (Amaltheus margaritatus* MONTF., aus dem mittleren Lias). Drittens giebt es Ammoniten mit zwei seitlichen Fortsätzen oder sogen. Ohren, je einem an der rechten und einem an der linken Seite der Mündung. Dahin gehört *Perisphinctes (Ammonites polyplocus* REIN., einer der sogen. Planulaten aus dem oberen Jura). Endlich zeigen auch einige Ammoniten in ausgewachsenem Zustand eine ebenso auffallend verengte Mündung, wie wir sie schon bei gewissen Nautileen kennen lernten (pag. 469). So namentlich *Morphoceras (Ammonites pseudoanceps* EB.) aus dem mittleren Jura.

Die Luftkammern des Ammoneen-Gehäuses sind durch auf und ab gebogene Scheidewände von einander und von der Wohnkammer getrennt.

Die Ansatzstelle, mit der jede Scheidewand sich an der Innenseite der Schalenwand anheftet, ergiebt einen mehr oder weniger zusammengesetzten Verlauf, Lobenlinie genannt, Septallinie, Nahtlinie, *sutura*. Die der Mündung zugewendeten, nach vorn gerichteten Ausbiegungen derselben heissen Sättel — die gegen hinten gerichteten heissen Loben. Die wichtigste Orientirung unter den Loben gewähren der Siphonal-Lobus und der Antisiphonal-Lobus.

Vorherrschend bei den Ammoneen ist die Lage des Sipho an der Extern-Seite der Schale — der Ventrale des Thieres. So bei *Goniatites* und *Ammonites*. Dagegen liegt bei *Clymenia* der Sipho an der Intern-Seite der Schale — der Dorsale des Thieres. Es giebt übrigens unter den Ammoniten der Trias auch Mittelstufen, bei denen der Sipho in der Jugend wie bei *Clymenia* — dann eine Zeit lang central — endlich im Alter wie gewöhnlich bei Ammoneen verläuft.

Die Richtung der Siphonal-Duten geht nach vorn bei den Ammoniten, nach hinten bei *Goniatites* und *Clymenia*.

Bei der Orientirung der Ammoniten-Loben nach Rücken, Bauch und Sipho unterscheidet man zunächst: 1. den Siphonal-Lobus oder Extern-Lobus — früher Rückenlobus genannt. Er liegt am gewölbten Extern-Theile der Schale oder der Ventrale des Thieres. Er wird vom Siphonal-Höcker abgetheilt.

2. den Antisiphonal-Lobus oder Intern-Lobus — früher Bauchlobus genannt. Er liegt an der Intern-Seite der Schale, also der Dorsale des Thieres. Bei *Clymenia*, wo der Sipho an der Internseite der Schale liegt, bietet die Bezeichnung dieser beiden Hauptloben ihre Schwierigkeiten.

Die Loben und Sättel der Ammoneen sind bald mehr bald minder zerschlitzt, durchschnittlich am meisten bei mesozoischen Ammoniten. Am einfachsten gebaut sind sie 1. bei *Clymenia*, 2. bei *Goniatites*, 3. bei einigen mesozoischen Ammoniten, wie *Clydonites*, *Rhabdoceras*, *Cochloceras*, 4. im jugendlichen Zustand der meisten mesozoischen Ammoniten, bei denen sie demnächst zusammengesetzter werden. Im letzteren Falle beginnen mit einer gewissen Altersstufe allmählich die Loben und Sättel sich zu theilen.

Die Gestaltung der Anfangskammer bildet einen Hauptunterschied der Ammoneen von den Nautileen. Dieselbe ist kugelig oder quer oval, gewöhnlich eingerollt, aussen glatt, auf jeder Seite mit einem Nabel. Sie enthält den blindsackförmig angeschwollenen Sipho-Anfang, er berührt die Innenseite nicht.

Bei der Reihenfolge verschiedener Gestaltungen der Lobenlinien des heranwachsenden Ammoniten ergeben sich folgende Regeln: 1. bis zu einer gewissen Stufe sind die Lobenlinien einfach wellenförmig oder etwas zackig und denen mancher Goniatiten ähnlich. 2. Bei vielen Ammoniten der Trias folgt dann eine der Ceratiten-Sutur ähnliche Stufe mit zertheilten, durch feine Zacken eingeschnittenen Loben und noch ganzrandigen Sätteln. 3. Bei den meisten Ammoniten aus Jura und Kreide geht in der Reihenfolge der Lobenlinien aus der Goniatiten-Stufe unmittelbar die der Ammoniten hervor d. h. die Loben und Sättel werden zugleich zertheilt, die Ceratiten-Stufe also übersprungen. 4. Es giebt endlich auch Ammoniten, welche in der Umgestaltung der Lobenlinien auf einer niedrigen jugendlichen Stufe stehen bleiben. So z. B. die *Clydonites*-Arten der alpinen Trias, dessgleichen *Amaltheus Vibrayeanus* d'Orb. auf der Goniatiten-Stufe. Bei einigen *Schloenbachia*-Arten der unteren Kreide wird die Ceratiten-Stufe erreicht und behauptet.

Die Schale der Ammoneen besteht wie die der Nautileen aus zwei Hauptschichten. Die äussere besteht aus einem stets gut entwickelten Ostracum, die innere aus Perlmuttersubstanz, welche auch die Septen bildet. Bei einigen Trias-Ammoniten wie *Pinacoceras (Ammonites Metternichi* HAU. aus dem alpinen Keuper) und *Arcestes (Ammonites subumbilicatus* BRONN ebendaher) findet sich noch eine dritte Schicht, die Runzelschicht, welche der sogen. schwarzen Schicht des lebenden *Nautilus* entspricht. Als eine besondere Umgestaltung derselben Schicht betrachtet man endlich die sogen. Spiralschicht der Amaltheen. Es sind feine punktirte parallele Längslinien, die bis an die Schlusswindung reichen.

Die Schalen der erloschenen Ammoneen waren wie die der lebenden Nautileen äussere Schalen. Hierauf deuten die Länge der Wohnkammer mancher Ammoniten — die starke Einschnürung der Mündung mancher Ammoniten — die Gegenwart von Haftmuskel-Eindrücken im hinteren Theil der Wohnkammer — dann die Verzierungen der Schale, die oft Dornen bilden — endlich auch die grosse Uebereinstimmung der Schalen-Structur bei Ammoneen und Nautilen.

Es bleibt uns nun noch die Aufgabe, den *Aptychus* und das *Aptychus*-Problem zu berühren.

Man trifft häufig in der Wohnkammer von Ammoniten an bestimmter Stelle einen zweitheiligen flachen auf den ersten Anblick meist muschelähnlichen kalkigen oder hornigen Körper, den *Aptychus*. Er ist jedenfalls ein besonderes, vielleicht innerliches Schalenstück, vielleicht auch ein Deckel. Er besitzt meist mehr oder minder die Gestalt und Grösse des Querschnitts der Wohnkammer. Beide Schalenhälften zusammen sind vollkommen symmetrisch und stossen in der Mediane geradlinig zusammen. Sie sind meist frei, selten zu einer einzigen Platte verwachsen. Besondere Ammoniten-Familien haben auch gewöhnlich ihren eigenen *Aptychus* von besonderer Form und Structur. Eine im oberen Jura zu Solenhofen u. a. O. häufige Form ist *Aptychus laevis* MEY. Die concave Seite zeigt Anwachsstreifen, die concave oder äussere Seite ist porös. Dieser *Aptychus* ist zweitheilig und sehr dickwandig. Er ist kalkig und gehört zu den Armaten *(Aspidoceras)*.

Ueber die genauere Beziehung des *Aptychus* zur Organisation des Ammoniten-Thieres sind die Ansichten sehr getheilt. Für einen Ammoniten-Deckel erklärten ihn RÜPPELL (1829) und VOLTZ (1836). Nach RICH. OWEN (1861, 1878) ist der *Aptychus* ein äusserer Deckel des Ammoniten und eine Abscheidung desjenigen Theiles des Thieres, welches der sogen. Kopfkappe des *Nautilus* entspricht.

Das Zeitalter der Ammoneen beginnt, soweit es durch fossile Funde documentirt erscheint, mit den obersten silurischen Schichten und noch mehr mit dem devonischen System, in welchem die *Clymenia*-Arten allein vorkommen und die Goniatiten am reichlichsten vertreten sind. Doch ist es wahrscheinlich, dass sie schon viel früher entstanden und zwar aus einer mit den Nautileen gemeinsamen primitiveren Stammform. Im Kohlenkalk sind die Goniatiten auch noch reichlich vertreten, erlöschen aber mit dem permischen System — oder gehen hier in Ammoniten über. In der Trias folgen die Ceratiten. In den Kalklagern des alpinen Keupers erscheint dann eine grosse Anzahl von Ammoniten und zwar sowohl Gattungen, die noch Goniatiten-Sutur zeigen als auch solche mit vielfach zerschlitzten Loben und Sätteln. Letztere herrschen dann mit vielen Gattungen und Arten während der Jura- und der Kreide-Epoche, vermindern sich aber gegen Ende der letzteren und sterben mit einer *Baculites*-Art aus. Man kennt mehrere Tausend Arten erloschener Ammoneen, unter denen

die in neuerer Zeit in eine grössere Anzahl von Gattungen abgegliederten Ammoniten am zahlreichsten sind. Dabei erreicht *Ammonites Metternichi* im Hallstätter Kalk 65 Centim. Durchmesser und *Am. Lewesiensis* in der oberen Kreide über 1 Meter. Auch die Planulaten *(Perisphinctes)* des oberen Jura sollen diese Grösse erreichen

Wir können aus dem grossen Heer der Ammoneen nur einige Gattungen und Arten in Betracht nehmen.

Die Gattung *Clymenia* wurde früher (Bd. I. pag. 222.) den Nautileen zugezählt, wird aber neuerdings nach der Gestalt ihrer Anfangskammer zu den Ammoneen herübergenommen. Das Gehäuse ist scheibenförmig, in einer Ebene spiral gerollt, mit zahlreichen Umgängen, die gewöhnlich nur sehr allmählich an Dicke zunehmen. Mündung an der Wölbung etwas ausgeschnitten. Der Sipho liegt dicht an der Internseite oder Nabelseite des Gehäuses (dorsal). Die Siphonal-Duten sind nach hinten gerichtet. Die Nahtlinie verläuft bei einem Theil der Arten nur sanft gebogen, bei anderen mehr oder minder in spitzen Winkeln gebrochen. Loben und Sättel stets noch einfach. Die Oberfläche der Schale ist entweder glatt oder fein quergestreift. *Clymenia*-Arten kennt man nur aus der Oberregion des devonischen Systems, sie fehlen schon im Kohlenkalk. Man kennt etwa 40 Arten.

Clymenia laevigata Münst. hat eine scheibenförmige, sehr fein gestreifte, fast glatte Schale mit etwa sechs einander nur sehr wenig umfassenden, etwas zusammengedrückten Umgängen. Nahtlinien nur schwach wellig auf- und abgebogen. Sie findet sich im oberen devonischen Kalk von Schübelhammer u. a. O. im Fichtelgebirge, ferner zu Steinbergen bei Gratz.

Die Gattung *Goniatites* unterscheidet sich scharf von den Clymenien durch den an der Externseite (Ventrale) des Gehäuses gelegenen Sipho. Die Siphonal-Duten sind gegen hinten gerichtet. Mündung in der Mitte der Wölbung ausgerandet. Die Umgänge liegen bei manchen Arten fast frei aufeinander oder umfassen einander nur wenig, wogegen bei anderen nur ein enger Nabel frei bleibt. Gehäuse darnach bald mehr scheibenförmig, bald mehr kugelig. Die Linie der Loben und Sättel erscheint mehr oder minder stark auf und ab gebogen, bald in gerundeten Wellen, bald in schärferen Winkeln. Loben und Sättel sind gleichwie bei den Clymenien immer ohne Zähnelung, die Loben aber meist spitzwinkelig.

Die ältesten Goniatiten finden sich nach Barrande in den obersten silurischen Schichten. Ihren Hauptreichthum zeigt aber die Gattung im devonischen System, namentlich in den oberdevonischen Goniatitenkalken und Rotheisensteinen von Nassau und Westphalen. Im Kohlenkalk sind die Goniatiten auch noch reichlich vertreten, mit dem permischen System aber erlöschen sie oder gehen hier in Ammoniten über. Man kennt schon mehrere hundert Arten, mindestens 300.

Goniatites retrorsus Buch gehört zu den Arten mit sanft gebogenen Loben und Sätteln. Die Schale ist fein gestreift, die Streifen wenden sich in der Nähe der Schalenwölbung stark nach vorn und in der Mitte derselben wieder zurück — der ventralen Ausrandung entsprechend. Häufig zeigen sich auch periodische Einschnürungen der Schale, ehemaligen Verengerungen des Mundsaumes entsprechend. Die Einrollung ändert sehr ab. Die Windungen greifen oft so stark über, dass vom älteren Gewinde nur ein enger Nabel offen bleibt. Diese Art ist häufig in den oberen devonischen Schichten u. a. zu Oberscheld in Nassau und Büdesheim in der Eifel.

Goniatites sphaericus Haan gehört zu den Arten mit spitzwinkelig auf- und abgebogenen Lobenlinien. Die Windungen greifen stark über. Das Gehäuse

ist kugelig und stark genabelt. Diese Art ist häufig im Kohlenkalk. So zu Visé in Belgien. Sie findet sich auch im Posidonomyen-Schiefer, aber hier meist verdrückt. So zu Herborn in Nassau. Dies ist *G. crenistria* PHIL.

Die Gattung *Ceratites* nimmt eine Mittelstellung zwischen Goniatiten und Ammoniten ein. Die Sättel sind ganz und zuweilen halbkreisförmig, die Loben mehr oder minder gezähnelt, der Sipho extern (ventral), die Duten nach vorn gewendet. Arten in der Trias verbreitet.

Ceratites nodosus HAAN ist bezeichnend für den deutschen Muschelkalk, besonders dessen Oberregion, u. a. häufig auf dem Hainberg bei Göttingen.

C. cassianus QUENST. findet sich im Muschelkalk oder Guttensteiner Kalk der Alpen.

Die eigentlichen Ammoniten mit getheilten Loben und Sätteln, mit einem der Externseite (Ventrale) anliegenden Sipho und mit nach vorn gerichteten Duten stammen von Goniatiten und Ceratiten — vielleicht zum Theil auch von Clymenien — ab und sind neuerdings von F. v. HAUER, E. SUESS, E. v. MOJSISOVICS und Anderen in eine Anzahl engerer Gattungen abgetheilt worden. Sie sind in überwältigender Fülle der Arten über Trias, Jura und Kreide verbreitet, man kennt deren mehrere Tausend. Wir können nur wenig davon hier berühren, um so mehr, als durch die Einführung der neuen Elemente vieles vom alten Bau ins Wanken gekommen ist und die Ansichten darüber oft noch mehrfach getheilt sind.

Die Gattung *Lytoceras* entspricht den ehemals sogen. Lineaten oder Fimbriaten und begreift Ammoniten mit scheibenförmiger Schale und fast cylindrischen Umgängen, die einander nur sehr wenig umfassen. Sie zeigen eine feine, zuweilen gefranzte Querstreifung. Loben wenige und ziemlich gleich gross. Mündung einfach, an der Wölbung (Externseite) mit einem kurzen breiten Lappen versehen, ausserdem noch an der Internseite rechts und links in einen Lappen vorgezogen. Wohnkammer gross. Arten nur im Lias. *Lytoceras fimbriatum (Ammonites fimbriatus* Sow. *Am. lineatus* QUENST.) findet sich im mittleren Lias von Lyme Regis in Dorsetshire in England und an vielen Orten in Württemberg, wie Göppingen u. s. w.

An die Gattung *Lytoceras* lassen sich von sogen. ammonitischen Nebenformen die Gattungen *Hamites*, *Ptychoceras*, *Baculites* und *Turrilites* anreihen. (Vergl. Bd. II. pag. 203.)

Bei *Hamites* ist das Gehäuse langgestrekt und mit einer gewissen Altersstufe tritt eine hakenförmige Umbiegung ein. Dabei erhält sich dasselbe in gleicher Ebene. Arten von der Neocomien-Stufe an im Kreide-System verbreitet.

Ptychoceras stellt einen *Hamites* dar, bei welchem nach rascher Umknickung der gestreckten Schale der jüngere Theil sich dicht an den älteren anlegt, oder denselben ein wenig umfasst. Arten in der Unterregion des Kreidesystems.

Bei der Gattung *Turrilites* windet sich das Gehäuse in einer kegeligen Spirale, wie dies bei den Gasteropoden Regel ist. Aber die Spirale ist meist links. Die Umgänge sind zuweilen frei, besonders der letzte. Die unsymmetrische Spiralwindung des Gehäuses hat auch eine unsymmetrische Gestaltung der Lobenlinie zur Folge. Auch der Sipho erscheint mitunter etwas verschoben. *Turrilites* beginnt im Neocomien und erhält sich mit einer Anzahl von Arten bis in die obere Kreide.

In die Verwandschaft von *Lytoceras* gehört auch die Gattung *Baculites*. Bei ihr streckt sich das Gehäuse geradlinig aus und bildet einen langen, etwas an den Seiten zusammengedrückten Stab. Die Mündung ist an der Siphonalseite (Ven-

trale) desselben stark nach vorn ausgezogen und die Zeichnung der Schale wiederholt diese Mündungsform. Die Wohnkammer ist gross. Die Scheidewände stehen wagerecht zur Streckung der Schale. Die Länge derselben geht zuweilen bis zu ein paar Fuss. Die *Baculites*-Arten reichen in der Kreide-Formation vom Neocomien bis in die obere Kreide-Schicht. Die letzte Art, *Baculites Faujasi* LAM. erscheint noch im Kreide-Tuff von Mastricht und im Korallenkalk von Faxoe, in welchem schon kein spiralgerollter Ammonit mehr gefunden wird.

Die Gattung *Acanthoceras* begreift eine Anzahl Ammoniten der Kreide-Formation mit mässig hohen Windungen und ziemlich weitem Nabel. Sie tragen starke Querrippen, welche von der Naht zur Wölbungsseite stetig zunehmen und mehr oder minder stark mit Knoten besetzt erscheinen. Die Wölbungsseite zeigt bald ununterbrochene Rippen, bald eine mediane Furche oder eine mediane Knotenreihe. Hierher gehört u. a. *Acanthoceras Rhotomagensis* BRONGN. aus der glauconitischen Kreide *(craie chloritée)* von Rouen u. a. O. Die breite Wölbungsseite trägt meist drei Knotenreihen.

Von der Gattung *Acanthoceras* lassen sich wieder einige der sogen. ammonitischen Nebenformen, nämlich *Crioceras*, *Toxoceràs* und *Ancyloceras* herleiten.

Die Gatt. *Crioceras* hat eine evolut-spirale Schale in gleicher Ebene. Die Umgänge berühren einander nicht, bleiben einander aber im Grade der Krümmung ziemlich gleich. Oberfläche mit starken Querrippen oder auch wohl Stacheln besetzt. Wohnkammer gross, Mundsaum einfach. Die *Crioceras*-Arten finden sich namentlich in der Unterregion des Kreide-Systems. Bei *Toxoceras* ist das Gehäuse nur sehr sanft gekrümmt und bildet nur beiläufig einen halben Umgang, weicht aber auch sonst von *Crioceras* nicht ab.

Bei *Ancyloceras* hat der erste Anfang des Gehäuses die *Crioceras*-Form, dann tritt eine gerade Ausstreckung und schliesslich noch eine hakenförmige Umbiegung ein. Ein gebrochenes *Ancyloceras* ist von einem *Crioceras* nicht wohl zu unterscheiden. Die Zweideutigkeit dieser sogenannten Gattungen hat QUENSTEDT schon vor 40 Jahren dargelegt, doch bleiben viele Einzelheiten immer noch in Schwebe.

Die Gatt. *Perisphinctes* fällt ziemlich genau mit den sogen. Planulaten zusammen. Das Gehäuse ist meist scheibenförmig und weitgenabelt, mit gerundeter Wölbungsseite. Es ist mit geraden Rippen bedeckt, welche sich in der Nähe der Wölbung ein oder mehrfach gabeln und über letztere meist ununterbrochen übersetzen. An der Mündung erscheinen oft starke glatte Quereinschnürungen. Die Seiten derselben sind rechts und links zu geraden vorn verbreiterten Ohren ausgezogen. Arten zahlreich im Jura-System, namentlich im oberen Jura, wo auch Gehäuse von 1 Meter Durchmesser verkommen. *P. polyplocus* REIN. ist eine im oberen Jura von Schwaben und Franken häufige Art.

Zur Verwandtschaft von *Perisphinctes* gehören die Scaphiten des Kreide-Systems.

Bei der Gatt. *Scaphites* ist das Gehäuse bis zu einer gewissen Altersstufe noch in einer Ebene und in gleicher Spirale eingerollt und die Umgänge greifen meist stark über. Dann aber löst sich der letzte Umgang ab, streckt sich gerade aus und biegt sich schliesslich knieförmig oder hakenförmig wieder um, wonach das ausgebildete Gehäuse eine einigermaassen kahnförmige Gestalt erhält (griech. *skaphos*, Kahn). *Perisphinctes* und *Scaphites* führen einen in der Mittellinie verschmolzenen Aptychus. *Scaphites*-Arten kennt man aus der mittleren und der oberen Region des Kreide-Systems.

Die Gatt. *Amaltheus* Montf. begreift gekielte, meist scheibenförmige Arten. Der hohe letzte Umgang umhüllt einen grossen Theil des vorhergehenden. Meist sind Querrippen vorhanden, welche dann über die zugeschärfte oder gekielte Mediane der Externseite hinwegsetzen und hier oft eine Knotenreihe hervorbringen. Wohnkammer kurz. Mundsaum einfach, mit einem medianen, oft etwas eingebogenen Fortsatz an der Extern-Seite (Ventralseite des Thieres). Bisweilen zeigt sich auf dem vorletzten oder den älteren Umgängen noch die sogen. Spiralschicht mit zahlreichen feinen dichtgedrängten Längslinien, die man der schwarzen Schicht des *Nautilus* vergleicht. Die Lobenlinie bleibt zuweilen lange, bei einzelnen Arten auch zeitlebens ganz und der gewisser Goniatiten ähnlich. Der Aptychus dieser Gattung ist einfach und in der Mediane verwachsen. Er ist hornig. Die *Amaltheus*-Arten finden sich in Jura und Kreide.

Amaltheus margaritatus Montf. (*Ammonites amaltheus* Schloth.) ist eine der am meisten bezeichnenden Arten im mittleren Lias von Schwaben, Elsass u. a. O. Häufig erscheinen auf den Rippen noch einzelne spitze Dornen. Grösse 6 Cent. und darüber. *Am. Engelhardti* D'Orb. begleitet vorige Art hie und da u. a. zu Betzingen in Schwaben, die Rippen fehlen und der Kiel ist glatt, die Grösse geht über 30 Centim. Quenstedt betrachtet diesen grossen Ammoniten als blosse Varietät des vorigen.

Wir kommen nunmehr zur Ordnung der Dibranchiaten oder Zweikiemer, *Dibranchiata*. Vergl. pag. 466 Sie sind eine jüngere Abzweigung der Klasse und treten zuerst im Keuper fossil auf. Von da an erhalten sie sich durch die folgenden Epochen, wobei besonders in Jura und Kreide das grosse Heer der damals über alle Meere verbreiteten Belemniten sich geltend macht, bis zum heutigen Stande der Dinge. Es leben noch beiläufig 200 Arten, gierige Raubthiere, die allen ihnen erreichbaren kleineren Meeresbewohnern, selbst Fischen nachstellen.

Die lebenden Dibranchiaten zeichnen sich durch zwei Kiemen aus, die vorn in der Mantelhöhle oder Athemhöhle liegen und durch deren Querschlitz unter dem Halse mit dem Meereswasser in Verbindung stehen.

Ihre Körpergestalt ist im Allgemeinen gestreckter, besonders bei den behenden Schwimmern der hohen See. Der Kopf ist deutlicher vom Rumpf abgesetzt als bei den Nautilen. An seinen Seiten stehen die beiden grossen Augen, becherförmig umhüllt von Ausläufern des Schädelknorpels — wie in einer *Orbita*.

Den Vordertheil des Kopfes umstehen im Kreise acht oder zehn lange muskulöse Arme (umgebildete Fühler), welche zum Ergreifen der Beute, zum Anklammern und zum Kriechen dienen. Diese Arme sind bei den Dibranchiaten entweder mit zahlreichen Saugnäpfen — oder mit Saugnäpfen und hornigen Krallen — oder nur mit Krallen versehen — und zwar auf ihrer inneren dem Munde zugewendeten Seite, entweder in einfacher oder in doppelten Reihen. Die ursprüngliche Form ist der Saugnapf, ein rundlicher oft noch deutlich gestielter muskulöser Becher, in der Mitte mit einem zurückziehbaren fleischigen Stempel. Mit einer zweiten Stufe entwickelt sich in der Mitte des Saugnapfes ein horniges Häkchen. Bei einem höheren Grade der Umbildung wird der Haken stärker und zugleich schwindet der umgebende Becherrand. Dann erscheint der Arm mit einer oder mehreren Reihen von Haken oder Krallen bewaffnet.

Im Schlunde unmittelbar unter dem Mund stehen zwei gekrümmte, beiläufig die Gestalt eines Papagei-Schnabels nachahmende hornige Kiefern. Jeder besteht aus zwei gleichen seitlichen Flügeln. Diese vereinigen sich nach vorn, beim

Oberkiefer mit einer hakenförmig umgebogenen Spitze. Beide Kiefern passen so in einander, dass bei dem Schliessen derselben der Oberkiefer den Unterkiefer umfasst. Diese Kiefern stehen senkrecht einander gegenüber.

Den Trichter haben die Dibranchiaten mit den Nautilen gemeinsam. Neben diesem mündet aber noch der nur bei der Ordnung der ersteren vorkommende Tintenbeutel. Es ist ein besonderer birnförmiger Beutel, der eine bräunlichschwarze Flüssigkeit — Sepia genannte, stickstoffhaltige Substanz, unlöslich in Wasser — absondert. Dieser Tintenbeutel liegt mit der Leber zusammen in einem gemeinsamen Sacke an der Bauchseite. Er hat einen mehr oder minder kurzen Ausführungsgang, der in den Trichter mündet. Die schwarze Flüssigkeit kann unter Vermittlung des Trichters willkührlich entleert werden und trübt dann weithin das Wasser — was das Thier besonders thut, wenn es beunruhigt wird. Häufig findet sich der Tintenbeutel mit seinem schwarzen Sepia-Inhalt noch fossil erhalten, so namentlich oft im oberen Lias (Posidonomyen-Schiefer) von Boll u. a. O. in Württemberg. Er kommt, wie man jetzt weiss, auch bei Belemniten vor. Den lebenden Nautilen fehlt dagegen der Tintenbeutel — ebenso fehlte er, wie man annehmen darf, den erloschenen Formen der Nautileen, dessgleichen sämmtlichen Ammoneen.

Viele Dibranchiaten besitzen um die Mitte oder am Hinterende des Körpers zwei seitliche Hautlappen oder Flossen. Es sind Verbreiterungen des Mantels. Diese Flossen dienen offenbar dazu den Körper beim Schwimmen in wagrechter Lage zu erhalten.

Die Mannigfaltigkeit der Schalenformen, die bei lebenden und fossilen Dibranchiaten auftreten, kam schon bei der allgemeinen Charakterisirung der Cephalopoden (pag. 465) in Betracht. Sie bieten kaum etwas für die Ordnung gemeinsames.

Die meisten sind nackt und nur mit einer im Rückentheil des Mantels eingeschlossenen Schulpe (die dem Rückgrat der Wirbelthiere einigermaassen präludirt) versehen oder ganz schalenlos. Unter diesen nackten kommen riesige Arten vor (z. B. *Architeuthis princeps*, lebend an der Neufundland-Bank, mit den beiden langen Armen mehr als 12 Meter lang. Der Rumpf 2 Meter 50 Centim. lang. Noch grösser wird eine an Japan lebende Gattung).

Die geologische Geschichte der Dibranchiaten lässt sich nur bruchstückweise entwickeln. Sie eröffnen im Keuper des alpinen Gebietes mit *Belemnoteuthis* und *Aulacoceras*, beide wie es scheint, voll ausgebildete Dibranchiaten mit kegelförmiger gekammerter Schale und kalkiger Schulpe. Im Lias folgen die Belemniten, sie werden bald häufig und erscheinen dann sehr allgemein verbreitet. In der obersten Region der Kreide erlischt der letzte Belemnit. Nach der weiten Kluft, die Kreide und Eocän scheidet, erscheint eine andere Vertretung, namentlich zeigen sich einige Gattungen, die mehr oder minder deutlich sich von den Belemniten herleiten lassen, wie besonders *Spirulirostra* ein Bindeglied zwischen *Belemnites* und *Spirula* darstellt. Hier erscheint auch *Belosepia* und deutet den Verband an, in dem die Dibranchiaten mit gekammertem Apparat und die Sepien stehen. Von letzteren gelangt man dann leicht zur Deutung von *Loligo*, *Onychoteuthis* u. s. w.

Die Abkunft der Ordnung bleibt unsicher. Man kann sie von Orthoceren ableiten, der Wendepunkt fällt dann auf die Verinnerlichung der bis dahin äusserlich verbliebenen Schale. Der innerlich gewordene Phragmoconus eines

Theiles der Dibranchiaten erinnert auch noch deutlich genug an die äussere Schale der Orthoceren.

Wir haben bei der Ordnung der Dibranchiaten zwei Unterordnungen, die Decapoden und die Octopoden zu unterscheiden.

Die Decapoden oder zehnarmigen Dibranchiaten, *Decapoda*, besitzen ausser acht gleichlangen Armen noch zwei längere Fangarme oder Tentakeln. Die Saugnäpfe sind bei ihnen mit Hornringen umgeben. Die Decapoden zerfallen nach der Gestaltung des mehr oder minder zurückgegangenen Schalen-Rudiments in drei Gruppen.

1. *Phragmophora.* Sie führen eine innerliche kalkige Schale, die durch Scheidewände in Luftkammern abgetheilt und von einem Sipho durchzogen wird. Diese Schale ist meist kegelig und heisst Phragmoconus (griech. *phragma*, Zaun, Abtheilung) oder Alveolit. Von ihr geht nach vorn eine Rückenschulpe, das Proostracum, aus. Dazu legt sich an das Hinterende des Phragmoconus noch eine besondere kalkige Scheide, das Rostrum. Der letztere Theil ist eine blosse Verstärkung des vorigen. Abseits steht in dieser Gruppe die Gatt. *Spirula*. Sie hat einen spiralen Apparat ohne Schulpe und ohne Rostrum. Die Phragmophoren stellen die primitivere Form der *Decapoda* dar und dürfen als die ältere Gruppe gelten, von der die anderen abstammen.

2. *Sepiophora.* Dahin gehört namentlich die Gatt. *Sepia*. Die hierher gezählten zehnarmigen Zweikiemer haben eine kalkige Schulpe, *os sepiae*. Sie geht nach hinten in ein kleines Rostrum aus, das einen sehr verkümmerten Rest eines Phragmoconus umschliesst. Diese Sepien sind eine Abzweigung der Phragmophoren, wie das namentlich die vermittelnde Stellung der Gatt. *Belosepia* erweist, bei der das Rudiment des Phragmoconus noch deutlicher geblieben ist.

3. *Chondrophora.* Dahin gehören *Loligo* und *Onychoteuthis*. Sie haben eine hornige (chitinose) Schulpe von schlanker Gestalt, Gladius genannt. Bei diesen kommt keine Spur von Rostrum und von Phragmoconus mehr vor. Sie stellen also die am tiefsten umgebildete Gruppe der Decapoden dar.

Die Gruppe der Phragmophoren, bei voller Ausstattung mit Schulpe, Phragmocon und Rostrum versehen, zerfällt in drei oder vier Familien *Belemnitidae*, *Belomnoteuthidae*, *Belopteridae* und *Spirulidae*, von denen nur noch die letztere durch eine einzige Art lebend vertreten ist. Alle übrigen sind erloschen.

Die Familie *Belemnitidae* zeigt noch die volle Ausstattung. Sie umfasst namentlich die Gattungen *Aulacoceras*, *Belemnites* und *Belemnitella*, von denen die zweite bei weitem am wichtigsten und artenreichsten ist.

Aulacoceras begreift die Belemniten der oberen alpinen Trias. Der Phragmoconus ist mindestens doppelt so lang als das Rostrum und wächst sehr langsam in die Dicke an. Die Scheidewände stehen ziemlich entfernt von einander. Der Sipho ist randständig, von einer kalkigen Hülle umgeben, beim Durchgang durch die Scheidewände etwas eingeschnürt. Siphonalduten schwach und nach vorn gewendet. Die Wand des Phragmoconus oder die Conothek mit Anwachsstreifen bedeckt, auf der Rückenseite emporgewölbt. Die vorstehende Schulpe oder das Proostracum bis jetzt noch nicht erhalten. Das Rostrum ist verhältnissmässig klein und keulenförmig. Mehrere *Aulacoceras*-Arten finden sich in der oberen alpinen Trias zu Aussee in Steiermark u. a. O. Der Phragmocon wurde von F. v. HAUER noch als *Orthoceras* mit randlichem Sipho beschrieben. Er ist häufig, das Rostrum nur selten erhalten.

Die Gattung *Belemnites* begreift die wichtigsten und am besten erhaltenen Phragmophoren.

Ihre innerliche Schale besteht aus den drei wesentlichen Stücken. Der Phragmoconus oder Alveolit sitzt in der Alveole oder der kegeligen Höhlung des Rostrums. Er ist kegelförmig und gekammert, aber nicht ganz gerade, sondern nachweisbar gebogen. Die Scheidewände sind einfach-concav, wagerecht und stehen meist gedrängt. Die Anfangskammer ist kugelig. Der Sipho des Phragmoconus ist randständig und ventral, ohne eigene feste Kalkhülle, aber von aufgeblähten nach hinten gerichteten Duten umfasst. Ausserdem besitzt der Phragmoconus seine eigene Schale oder Conotheca. Sie besteht aus Perlmuttersubstanz und zeigt eine eigenthümliche an der Dorsalseite sich hoch empor schwingende Anwachsstreifung. Dieser dorsale Theil der Conothek des Phragmoconus ist der untere und ältere der Schulpe. Er verlängert sich nach vorn in einen blattförmigen sehr dünnen Fortsatz, die Rückenschulpe oder das Proostracum. Davon sind aber nur selten noch Reste erhalten. Diese Schulpe ist kein selbständiger Theil des Thieres, sondern genau genommen ein Anhängsel des Phragmoconus.

Der sogen. Schnabel, Rostrum, oder die Scheide der Belemniten-Schale ist eine feste, meist gestreckt-kegelförmige und gegen hinten mehr oder minder zugespitzte, bisweilen auch hinten zugerundete Schutz-Vorrichtung des Phragmoconus. Dieser Schnabel ist symmetrisch und von einem etwas undeutlich concentrisch-schaligen Bau. Quer zu diesen Lagen verlaufen krystallinische Kalkspath-Fasern, d. h. sie strahlen rechtwinkelig von der Achse der Scheide aus, die in der Mediane vom Hinterende der Alveole zum Scheidenende verläuft. Der Querbruch der Scheide zeigt daher eine strahligfaserige Zusammensetzung unter merklicher Anwachsschichtung. Was diese Achse der Scheide anbelangt, so ist sie, wenngleich in der Mediane gelegen, doch nicht ganz axillar, sondern steht der Bauchseite etwas näher. Der Belemniten-Scheide entspricht — trotz mehrfacher Umgestaltung — doch unverkennbar der kleine harte Stachel, in den die Schulpe der *Sepia* nach hinten endet. Dieser Stachel oder *mucro* ist eine stark verkümmerte Scheide eines kaum noch in letzter Spur zu erkennenden Phragmoconus.

Einigermaassen vollständige Ueberreste des Thieres mit den drei Schalenstücken und mehr oder minder deutlich erhaltenen Weichtheilen finden sich nur auf wenigen besonders günstigen Lagern. Am meisten entscheidend ist das von Huxley beschriebene Exemplar aus dem unteren Lias von Charmouth (Dorsetshire). Auch der obere Jura von Solenhofen hat zum Aufschluss einiges beigetragen.

Darnach besassen die Belemniten im Allgemeinen eine schlanke Gestalt und wahrscheinlich breite Flossen an den Seiten. Die Länge betrug etwa das Vierfache des Rostrums. Der Rumpf setzt nach vorn deutlich gegen den Hals ab. Der Kopf trug wahrscheinlich 10 kurze Arme. Die Arme waren mit hornigen Häkchen bewaffnet und diese standen in zwei Reihen. Vom Tintenbeutel sind Reste erhalten. Das Rostrum war, wie Eindrücke von Gefässen zeigen, vom Mantel umhüllt. Die Schale oder Conothek des Phragmocons setzt sich an dessen Dorsalseite über den Alveolarrand des Rostrums hinaus in eine Schulpe oder ein Proostracum fort — einen langen etwas verbreiterten Dorsal-Anhang — das Aequivalent eines Mündungslappen eines äusseren Cephalopoden-Gehäuses.

Die Belemniten erscheinen in fossiler Erhaltung zuerst im unteren Lias. Sie werden dann bald häufig und zeigen sich nun auch sehr weit verbreitet. In der oberen Region der Kreide verlieren sie sich ziemlich rasch. In der Regel hat

sich von dem festen Rücken-Apparat der Belemniten nur der das Hinterende bildende massiv kräftige Schnabel oder das *Rostrum* fossil erhalten. Häufig führt er auch noch in seiner Alveole den gekammerten Alveolit oder Phragmoconus. Die zarte Rückenplatte aber findet sich nur sehr selten erhalten.

Die Belemniten-Scheiden erreichen zum Theil eine ansehnliche Länge, die auf sehr grosse Thiere schliessen lässt. *Belemnites giganteus* SCHLOTH., im mittleren Jura (Bajocien) von Württemberg und vielen anderen Orten von Europa verbreitet, findet sich in Scheiden von 50—60 Centim. Länge und 3—5 Centim. Dicke. Dies deutet auf Thiere von 2—2,5, wenn nicht 3 Meter Länge.

Von den engeren Gattungen, in welche man neuerdings die alte Gattung *Belemnites* zu zerfällen begonnen hat, können wir nur *Belemnitella* in Betracht ziehen. Das Rostrum zeigt bei ihr an der Siphonal-Seite (Bauchseite) einen Schlitz, der sich in das Innere zieht und bis gegen den Anfang der Alveole hinabreicht.

Belemnitella mucronata SCHLOTH., findet sich in der oberen Kreide und ist der letzte bekannte Belemnit. Er kommt zuletzt noch im Korallenkalk von Faxoe in Dänemark vor. Bei dieser Art endet die Scheide in eine kurze rasch abgesetzte feine Spitze. Die Länge beträgt meist 9—10 Centim. Man findet bei derselben auch oft an der Oberfläche der Scheide deutliche Eindrücke von Blutgefässen, welche erweisen, dass dieselbe, wie alle Belemniten-Rostren überhaupt, vom Mantel umhüllt war.

Mehrere durch Rostrum und Phragmoconus vertretene Gattungen folgen den Belemniten als nahe Verwandte im Eocän und im Miocän. Dahin gehören namentlich die Gattungen *Beloptera* und *Spirulirostra*. Man kann sie als eigene Familie *Belopteridae* zusammenfassen.

Eine wegen ihrer vermittelnden Stellung zwischen *Belemnites* und *Spirula* sehr wichtige Gattung ist *Spirulirostra*. Das kurze dreieckig-kegelförmige Rostrum besteht aus concentrischen Schichten, in welchen aber auch von der Achse zum Umfang Fasern ausstrahlen. Das Rostrum umfasst eine gekammerte Schale, ähnlich der der lebenden Gattung *Spirula*. Sie ist (wie letztere und gleich wie der Belemniten-Phragmocon) mit einem ventralen internen Sipho versehen, ist aber sanfter gebogen als die von *Spirula*. *Spirulirostra Bellardii* D'ORB findet sich im Miocän der *Superga* bei Turin.

Die Gattung *Spirula*, die einzige der Familie *Spirulidae*, begreift auch die einzigen noch lebenden Phragmophoren und zwar eine abseits gelegene Form derselben, bei der die Schulpe und das Rostrum verloren gegangen sind. Uebrig ist nur noch die halb innerliche gekammerte, in einer Ebene spiral aufgerollte Kalkschale — d. h. der Phragmoconus. Die Windungen derselben berühren einander nicht. Die letzte Kammer ist klein — keine eigentliche Wohnkammer. Der Sipho ist randständig und liegt (wie bei *Spirulirostra*) an der Innenseite, die also ventral ist. Er ist vollständig von dicken Duten eingehüllt, die zur nächsten Wand reichen. Die Scheidewände sind einfach-concav und zahlreich. Die Anfangskammer ist kugelig wie die der Belemniten. Diese Schale von *Spirula* besteht nur aus einer Perlmutter-Schicht. (Es fehlt ihr die äussere Schicht oder das Ostracum der Nautilen). Das Thier ist selten zu beobachten. Es ist ein Decapode mit Saugnäpfen an den acht kürzeren und an den Enden der zwei längeren Arme. Es ist von länglich-cylindrischer Gestalt und bis an den Hals in einen sackförmigen Mantel eingeschlossen. Das Hinterende dieses Mantels ist gespalten und lässt hier die Spiralschale theilweise frei heraustreten.

Spirula dürfte durch *Spirulirostra* von irgend einer älteren Form der Belemnitiden abstammen und ist dann eine nach geologischem Maassstabe ziemlich jugendliche Gattung. Drei Arten leben noch, alle in den Tropen. Fossil hat man bis jetzt noch keine nachgewiesen.

Spirula Peronii LAM., lebt in der Südsee. Die sehr leichte gekammerte Kalkschale, 1,5—2 Centim. Durchmesser erreichend, treibt häufig im pacifischen und atlantischen Meere umher und wird bisweilen an den Küsten ausgeworfen, z. B. an den Canaren und Azoren häufig, seltener an Europa.

Wir kommen zur zweiten Gruppe der Decapoden, den Sepiophoren, *Sepiophora*, mit ansehnlicher kalkiger Rückenschulpe im Mantel. Diese enthält einen mehr oder minder reichlichen Kalkabsatz und ist unter dem Namen *os sepiae* bekannt.

Der Phragmoconus und das Rostrum sind zurückgegangen und nur schwer wieder zu erkennen. Darnach sind die Sepiophoren eine besondere Abzweigung der Phragmophoren, die einen anderen Verlauf nahm als *Spirula*.

Hierher gehört namentlich die lebende Gattung *Sepia*. Der Körper ist bei ihr untersetzt und von eiförmigem Umriss. Die Seitenflossen sind lang und schmal, am Hinterende getrennt. Die Rückenschulpe ist so lang als der Rumpf des Thieres, lang eiförmig, vorn gerundet und etwas verschmälert, nach hinten in eine mehr oder minder stark ausgebildete Spitze, *mucro*, das Rudiment des Belemniten-Rostrums, endigend.

Die schildförmige eigentliche Rückenschulpe oder das Proostracum besteht aus drei verschiedenen Lagen. 1. das gewölbte Schild bildet die Rückenseite. Es besteht aus drei Schichten, nämlich zwei Schichten von spröder Kalkmasse und dazwischen einer hornigen Lamelle, welche den ganzen Aussenrand des Schildes umsäumt. Die äussere Kalkschicht ist am stärksten entwickelt und an der freien Fläche mehr oder weniger rauh. 2. An die vertiefte Innenseite oder Bauchseite des Schildes legt sich eine dicke Intern-Schichte und nimmt gegen vorn an Dicke zu. Sie besteht aus zahlreichen dünnen Kalkblättern, welche durch feine senkrechte Pfeilerchen von einander getrennt werden. Dadurch wird diese Schicht schwammig. 3. Dazu kommt noch die sogen. Gabelschichte. Sie legt sich gegen hinten zur Seite der vorigen an. Es ist eine blätterige ziemlich dichte Kalklage.

Nach hinten setzt sich die Rückenschulpe der *Sepia* in eine kurze aber feste Kalkspitze fort, es ist ein ziemlich umgebildetes Rostrum — das Aequivalent der Belemniten-Scheide. Der vordere Theil dieses Stachels ist ausgehöhlt und enthält das sehr kleine und kaum kenntliche Rudiment eines gekammerten Apparates ohne Sipho. Dies ist das Aequivalent des Phragmoconus der Belemniten und anderer Phragmophoren.

Sepia-Arten (etwa 30) leben in den Meeren der warmen und der gemässigten Zone. *Sepia officinalis* wird einen halben Meter lang und ist häufig an Europa, sowohl in der Nordsee als auch im Mittelmeer. Die Schulpe wird an vielen Küstenstrecken zahlreich ausgeworfen. Man kennt in Miocän-Schichten auch mehrere *Sepia*-Arten fossil.

Die Gattung *Belosepia* erläutert die Beziehungen der Sepien zu den Phragmophoren, indem bei ihr ein deutlicheres Rudiment des Phragmoconus vorkommt, als bei *Sepia*. Man kennt mehrere Arten aus dem Eocän. *Belosepia Cuvieri* VOLTZ (*Sepia Cuvieri* DESH.) findet sich im Grobkalk von Paris. Das Rostrum erreicht 3—4 Centim. Länge und darüber. Es hat vorn eine weite Aushöhlung, die

einen noch einigermaassen kenntlichen Phragmoconus mit sehr gedrängten Septen enthält.

Die dritte Gruppe der Decapoden sind die Chondrophoren, *Chondrophora*. Zu ihnen gehören von lebenden Dibranchiaten namentlich die Gattungen *Loligo* und *Onychoteuthis*.

Diese lebenden haben eine hornige (chitinose) Schulpe, hier *gladius* genannt, im Durchschnitt von spatelförmigem oder federförmigem Umriss. Von Phragmoconus und Rostrum ist hier keine Spur mehr zu bemerken. Die Chondrophoren sind also die jüngste der drei Gruppen — oder mindestens die in ihrem Rückenapparat am tiefsten umgestaltete. Ihre festen hornigen Theile, die Schulpe, die Kiefern und die Krallen können unter besonders günstigen Umständen vielleicht noch fossil gefunden werden.

Indessen zählt man dahin auch eine Anzahl von Schulpen, die darin mit denen der lebenden Chondrophoren übereinkommen, dass sie nicht in ein Rostrum sich zuspitzen. Sie stammen aus Jura und Kreide und sind dadurch ausgezeichnet, dass sie meist aus mehreren dünnen, theils hornigen, theils kalkigen Blättern bestehen. Sie sind häufig noch von Tintenbeuteln begleitet.

Dahin gehören z. B. *Geoteuthis Bollensis (Loligo Bollensis* ZIET.) aus dem oberen Lias von Holzmaden in Württemberg und *Beloteuthis Schübleri (Loliginites Schübleri* QUENST.) ebenfalls von Holzmaden. Bemerkenswerth wegen der sehr vollständigen Erhaltung ihrer Reste ist die Gatt. *Plesioteuthis*. Das Thier war von walzig gestreckter Gestalt, der Kopf umgeben von kurzen Armen, die nicht mit Häkchen bewaffnet waren, an den Seiten des Rumpfes, wie es scheint, keine Flossen vorhanden. Auch der Tintenbeutel öfter erhalten. Die Rückenschulpe ist schmal und lang, schwertförmig, vorn breit und abgerundet, gegen hinten zugespitzt und hier an den Seiten spatelförmig verbreitert, in der Mitte der Rückenseite gekielt. Diese Schulpe ähnelt sehr derjenigen der lebenden Gattung *Ommastrephes*.

Plesioteuthis prisca (Loligo priscus RÜPPEL) findet sich im lithographischen Schiefer des oberen Jura von Solenhofen und wird 22 Centim. lang. Die Schulpe ist häufig.

Andere jurassische Funde zeigen an den Armen eine Bewaffnung mit hornigen Krallen, ähnlich denen der lebenden *Onychoteuthis*-Arten.

Unter dem Namen *Onychites* beschrieb QUENSTEDT Haken von grossen Dibranchiaten — aus Lias, mittlerem und oberem Jura — bis 3 und 4 Centim. lang. Es sind krallenartige, gekrümmte, vorn zugespitzte Reste, in kohlige Masse verwandelt und wahrscheinlich ehedem hornig. Man kann sie als Krallen von unbekannten sehr grossen Dibranchiaten aus der Verwandtschaft der Onychoteuthiden betrachten.

Wir gelangen nun zur zweiten Unterordnung, den Octopoden oder achtarmigen Zweikiemern, *Octopoda*. Sie haben um den Mund herum acht mehr oder minder gleich gestaltete Arme oder dieselben sind von ungleicher Länge. Sie sind mit Saugnäpfen versehen, aber ohne Krallen. Die Saugnäpfe sind auch ohne Hornringe. Der Rumpf des Thieres ist rundlich-walzig, seitliche Flossen fehlen. Eine Rückenschulpe ist nicht vorhanden, dagegen aber ein Tintenbeutel vorhanden, welcher hier aber klein bleibt.

Dahin gehört zunächst eine Anzahl nackter Arten und Gattungen, die weder eine äussere noch eine innere Schale besitzen z. B. *Octopus vulgaris* LAM. die gemeinste Art im Mittelmeere — der *Polypus* des Aristoteles — und *Eledone*

moschata, eine ebenfalls im Mittelmeere häufige kleinere Art. Von ihnen sind noch keine fossilen Reste bekannt. Doch führen sie hornige Kiefern, welche sich fossil erhalten könnten.

Andererseits gehört zu den Octopoden auch die Gattung *Argonauta*, Familie *Argonautidae*, deren Weibchen in einer ungekammerten Kalkschale sitzt.

Es weicht nicht sehr von den nackten Octopoden ab, nur sind die zwei Rückenarme gegenüber den sechs übrigen stärker verschiedentlicht. Sie sind nach vorn flossenartig verbreitert.

Das Thier trägt eine papierdünne symmetrische Kalkschale, der Mantel desselben hängt an keiner Stelle mit derselben zusammen. Wohl aber trägt das Thier die beiden verbreiterten Rücken-Arme nach unten über die Schale zurückgeschlagen und hält sich damit an ihr angeklammert.

Die Schale ist spiral-kahnförmig, seitlich zusammengedrückt und einkammerig, mit wenigen rasch anwachsenden Umgängen. Sie ist gefaltet oder höckerig. Die Wölbung ist mit zwei knotigen Kielen versehen. Die Schale besteht trotz ihrer Zartheit aus drei Schichten, der inneren und der äusseren Prismenschicht und der faserigen Mittelschicht. Sie wird theils vom Mantel des Thieres, theils von den beiden flossenartig verbreiterten Rückenarmen gebildet.

Etwa 10 *Argonauta*-Arten leben noch, die meisten in wärmeren Meeren. Es sind gute Schwimmer, welche sich auf der hohen See umhertreiben. *Argonauta Argo* LIN. lebt im Atlantischen Meer bis zum Cap, und im Mittelmeer. Schale 17—18 Centim. gross.

Das fossile Vorkommen ist spärlich und beginnt erst mit den mittleren Tertiärschichten. *Argonauta Sismondai* BELL. findet sich im Pliocän von Italien und steht der im indischen und im chinesischen Meer lebenden *A. hians* SOL. nahe.

Die geologische Entwicklungsgeschichte der Octopoden liegt darnach noch sehr im Dunklen. *Argonauta* scheint eine nach geologischem Maassstabe ziemlich junge Gattung zu sein.

P. FISCHER, Manuel de Conchyliologie. Paris 1881. K. ZITTEL, Handbuch der Paläontologie. München, seit 1880. R. HOERNES, Elemente der Paläontologie (Paläozoologie). Leipzig 1884.

Würmer

von

Dr. Friedrich Rolle.

Das Reich der Würmer *(Vermes)* oder Helminthen *(Helminthes)* begreift bilateral-symmetrische meist gestreckte, theils völlig ungegliederte, theils undeutlich geringelte, theils deutlich in eine Anzahl hinter einander folgender Körperabschnitte — Metameren oder quere Segmente — abgegliederte Thiere.

Die Metameren sind (abgesehen von den vordersten und den hintersten) vorwiegend gleichartig (homonom, eine Wiederholung gleicher Bildung darstellend.) Bei manchen ist diese Segmentirung nur schwach angedeutet. Der Kopf ist nur selten deutlich vom Rumpfe geschieden. Eine Kieferbewaffnung des Mundes findet sich nur bei den vorgeschrittensten Formen, wie z. B. in ausgezeichneter Weise bei *Nereis* und *Eunice*. Die Segmente sind entweder ganz ohne seitliche Anhänge oder sie führen seitliche Borstenbündel oder höchstens borstentragende

Fussstummeln. Gegliederte Gliedmaassen fehlen noch unter allen Umständen. Dies scheidet die Würmer von den Gliedfüssern, *Arthropoda*. (Vergl. Bd. I. pag. 185). Letztere können nur aus ersteren hervorgegangen sein. Am nächsten stehen sich in der heutigen Lebewelt die höheren Ringelwürmer *(Nereis, Eunice* u. s. w.) und die Onychophoren *(Peripatus)* einerseits, die Myriapoden (Tausendfüsse) andererseits. Aber das dermalige geologische Archiv hat unter der Ungunst einer zusammentreffenden Reihe von Umständen ältere Mittelformen nicht aufzuweisen, ihre Reste sind längst wieder dem Kreislauf der Elemente anheimgefallen.

Der Wurmkörper ist meist weich und zur fossilen Erhaltung wenig geeignet. Nur wenige Würmer besitzen festere und erhaltungsfähige Theile, wie Kiefern und Borsten. Einige Gattungen sondern aber solide, der fossilen Erhaltung ausgezeichnet günstige Kalk-Gehäuse ab.

Die grössere Hälfte der Würmer lebt schmarotzend in den Eingeweiden anderer Thiere. Viele bringen einen Theil ihres Lebens als Schmarotzer, einen anderen Theil in der Aussenwelt zu.

Manche bewohnen das Meer, andere das Süsswasser, noch andere das Festland. Für unsere Darstellung am wichtigsten sind die meerischen Röhrenbewohner, *Tubicolae*, und die frei lebenden gleicherweise meerischen Nereiden.

Die Eintheilung der Würmer ist zum Theil noch im Schwanken und der Entwurf ihrer Abstammung daher auch misslich. Wir unterscheiden folgende Klassen. 1. ungegliederte Würmer, dahin gehören die Plattwürmer, *Plathelminthes* und die Rundwürmer, *Nemathelminthes*. 2. unvollkommen gegliederte Würmer, dahin gehören die *Gephyrea*, oder Sternwürmer. 3. gegliederte oder quer zur Längsachse segmentirte Würmer oder Gliedwürmer. Zu diesen gehören dann die Räderthiere, *Rotatoria*, die Ringelwürmer, *Annelidae* und die Krallenwürmer *Onychophora*. Die Bryozoen und Tunicaten, die E. Haeckel und andere auch zu den Würmern zählen, betrachteten wir schon oben (Bryozoen, Bd. I. pag. 89. Tunicaten, Bd. I. pag. 408 und Bd. III. pag. 437).

Das in der heutigen Lebewelt in mehreren Klassen mit meist zahlreichen Familien und Gattungen vertretene Reich der Würmer spielt im geologischen Archiv eine sehr untergeordnete Rolle. Würmer mögen aber gleichwohl in allen Epochen — nahezu vom Anfang des organischen Lebens an — zahlreich im Wasser und auf dem Festland vertreten gewesen sein. Die Mehrzahl der Würmer besitzen wenigstens noch in der dermaligen Fauna einen so weichen und hinfälligen Körper, dass sie nach dem Absterben des Thieres rasch der Verwesung unterliegen oder von anderen Organismen aufgezehrt werden, daher auch nur sehr selten in neu entstehenden Bodenschichten für die Dauer sich zu erhalten vermögen. Dies war offenbar schon in allen älteren Epochen der Fall. Die meisten Würmer-Klassen haben daher wenig Aussicht auf Vertretung im geologischen Archiv und die Zahl günstiger Fossilfunde wächst bei ihnen nur langsam an. Am besten gestellt sind in dieser Hinsicht die Anneliden.

Nur in sehr spärlichen Fällen haben sich festere Wurmkörper mit derberer, lederartiger oder chitinoser Haut in älteren Formationen erhalten und auch diese gewöhnlich in so unvollkommener Weise, dass sie wenig mehr als ihre allgemeine Körpergestalt erkennen lassen. Solche Funde hat namentlich der Solnhofener Schiefer des oberen Jura geliefert, darunter auch einige Anneliden-Körper mit festen Kiefern und Seitenborsten. Vereinzelte hornene Kiefern von solchen kennt man auch aus einigen Lagern des paläozoischen Systems. Am ungünstigsten

gestellt in Bezug auf fossile Erhaltung sind die parasitisch lebenden Würmer oder Entozoen, *Entozoa*.

Häufiger sind Kalk-Gehäuse von röhrenbauenden, kalkabscheidenden Anneliden der Meeresgewässer, die besonders an Conchylien und Korallen sich festgesetzt haben. Aber diese gewähren nur wenig Aufschluss und lassen die organische Gestaltung ihrer weichen, rasch vwesenden Erbauer nur nach Analogie lebender Formen errathen.

Noch ärmlicher sind die nur in Andeutungen von Schlupfröhren ehemaliger in Sand lebender Würmer bestehenden Erweise des früheren Daseins solcher — gleichviel welcher Art. Und doch sind auch diese ärmlichen Funde nicht ganz ohne Werth, namentlich treten sie schon in den ältesten, überhaupt fossil führenden Schichten auf.

Wir gehen nun — mit den ungegliederten, fusslosen beginnend — zu den einzelnen Würmer-Klassen über.

Die Plattwürmer, *Plathelminthes*, haben ihren Namen von der abgeplatteten Körpergestalt mit flacher Rückenseite und Bauchseite. Sie sind mehr oder minder gestreckt. Ein Theil derselben, die Strudelwürmer, *Turbellaria* sind durch ein Wimperkleid ausgezeichnet und damit erregen sie um sich eine wirbelnde Bewegung. Sie stellen die primitivste Form von allen lebenden Würmern dar. Sie leben frei im Wasser, die meisten im Meere, andere im Süsswasser. An diese schliessen sich die parasitisch lebenden Saugwürmer, *Trematoda*, mit den Bandwürmern, *Cestoda*, an. Eine dritte Ordnung der Plattwürmer sind die meist im Meere lebenden, zum Theil durch grosse Länge des Körpers ausgezeichneten Schnurwürmer, *Nemertina*. Von allen diesen Plattwürmern kennt man noch keine fossilen Reste.

Ebenfalls ungegliedert und fusslos ist die Klasse der Rundwürmer, *Nemathelminthes*. Sie unterscheiden sich von den Plattwürmern durch ihre drehrundwalzige nicht abgeplattete Körpergestalt. Einige werden sehr lang, zuweilen besitzt ihr Mund hornene Kiefern. Die meisten Rundwürmer sind Schmarotzer, welche im Inneren anderer Thiere parasitisch leben. Dahin gehören die Fadenwürmer, *Nematoda*, z. B. die Spulwürmer, *Ascaris*, die Trichinen, *Trichina*, die Medinawürmer, *Filaria*, und zahlreiche andere Schmarotzwürmer.

Einiges Besondere haben die in Insecten und Crustaceen sich einschleichenden Saitenwürmer, *Gordiacei*. Hierher gehört der Saitenwurm, *Gordius*. Er lebt in süssem Wasser, namentlich Quellen, oft wie ein Garnknäuel verschlungen und schleicht sich in der Jugend in verschiedene Wasserinsecten, Crustaceen u. s. w. ein. Sehr ähnlich einem *Gordius* ist die Gattung *Mermis*. Diese lebt in der Jugend in Landinsecten, später in feuchter Erde. Eine zolllange Art dieser Gattung fand sich im Hinterleib eines Käfers aus der rheinischen Braunkohle. Dies ist *Mermis antiquus* HEYDEN, ihr Körper ist glatt-fadenförmig, dem des *Gordius* ganz ähnlich. *Mermis* ist mit anderen fadenförmigen Würmern seither auch im Bernstein von Samland gefunden worden.

In gewissen wurmförmigen, an verwirrte Zwirnknäuel erinnernden Fossilien des Kalkschiefers von Solenhofen, namentlich der *Lumbricaria filaria* GOLDF. vermuthet man Eingeweidewürmer aus der Verwandtschaft der Filarien oder der Gordiaceen. Es sind fadenförmige zu verwirrten Knäueln verschlungene Gebilde. Diese Thiere können in Krebsen und Fischen gelebt haben. Ein mehreres ist über diese Solenhofener Fadenwürmer nicht mehr zu ermitteln. Die dickeren

Lumbricarien aus dem Kalkschiefer von Solenhofen sollen ausgetretene Fischgedärme sein. Andere versuchten auch hier wieder andere Deutung.

Noch weiter umgebildete Schmarotzer aus der Klasse der Rundwürmer sind die durch einen mit Reihen von harten Häkchen besetzten Rüssel ausgezeichneten Kratzwürmer, *Acanthocephala* mit der einzigen Gattung *Echinorhynchus*. Obschon nicht im geologischen Archiv vertreten, verdienen sie doch nach ihrer Stellung in der Geschichte der Lebewelt die Aufmerksamkeit des Palaeontologen. Sie haben nämlich durch ihr Schmarotzerthum ihren Darm-Canal ganz verloren. Sie bedürfen einen solchen nicht mehr, die Ernährung geht ganz durch die Haut vor sich.

Eine frei im Meer lebende Ordnung der Rundwürmer — wenn nicht eine eigene Klasse — sind die Pfeilwürmer, *Chaetognathia*, mit der einzigen Gattung *Sagitta*. Es sind wieder weiche Thiere. Sie führen seitliche hackenförmige Kiefern. Fossil sind sie nicht bekannt.

Die Klasse der Gephyreen (oder Sternwürmer), *Gephyrea* begreift theils langgestreckt-walzenförmige, theils länglich-eiförmige Würmer, bei denen die Gliederung (Segmentirung) — äusserlich wenigstens — erst sehr undeutlich ausgesprochen ist. Der Kopf ist nicht besonders abgesetzt, der Mund mit einem einziehbaren Rüssel versehen, der Rüssel mit Häkchen besetzt, die Haut derb und lederartig. Dahin gehören die Gattungen *Sipunculus*, *Bonellia* u. a. Sie sind alle Meeresbewohner, sie leben meist auf dem Meeresboden in Sand oder Schlamm vergraben, andere wohnen in Felslöchern.

Die Gephyreen eignen sich wenig zu fossiler Erhaltung. Man zählt zu ihnen gewisse gestreckte wurmförmige Körper mit rauher Oberfläche aus dem Solenhofener lithographischen Schiefer.

Die Klasse der Räderthierchen, *Rotatoria*, *Rotifera*, begreift sehr kleine, meist nur mit Hülfe des Mikroskop's deutlich erkennbare, nur selten die Grösse von 1 Millim. erreichende Thiere mit beginnender, erst auf den Hautmuskelschlauch sich erstreckender Gliederung. Der Körper ist keulenförmig oder sackförmig, die Haut ist entweder weich oder sie erscheint als geschlossenes, panzerartiges, horniges Rohr oder als Rückenschild. Der hintere Theil des Körpers bildet oft eine verdünnte Verlängerung, er kann dann zuweilen ineinander geschoben werden. Dieser Theil dient auch wohl als Fuss oder Stiel, mit dem das Thier sich festsetzt. Die Rotatorien leben meist im Wasser — sowohl im süssen als auch im Meer. Sie schwimmen theils frei umher, theils sitzen sie an Wasserpflanzen u. dergl. angeheftet.

Am bezeichnendsten für sie ist das am Vorderende des Körpers angebrachte sog. Räderorgan. Es ist ein hautartiges, meist einziehbares, von vielen fadenförmigen Wimpern umgebenes Organ — eine einfache oder doppelte Scheibe — auch wohl in mehrere Scheibchen getheilt. Das Räderorgan scheint, wenn die Wimpern in flimmernder Bewegung begriffen sind, sich radartig zu drehen. Durch diese Flimmerbewegung wird ein Strudel erregt, der dem Thiere Nahrung zuführt. Auch dient sie vielfach zur Ortsveränderung. Dieses Räderorgan wiederholt sich in Gestalt von Flimmerschnüren, Wimpersegeln u. s. w. bei Larven der höheren Gliedwürmer, der Gliederthiere, auch anderer Reiche, wie besonders dem der Weichthiere. E. Häckel nimmt darnach an, dass die Anneliden, die Crustaceen (vergl. Bd. I. pag. 185 und 186), die Tracheaten u. s. w. Abkömmlinge der Rotatorien oder anderweiter von diesen wenig abweichender Würmer sind. Die Rotatorien, obschon noch nicht in fossilem Zustande nach-

gewiesen, sind also gleichwohl von Bedeutung für die geologische Geschichte der Lebewelt.

Wir gelangen nun zu der für Geologie und Palaeontologie wichtigsten Klasse, den Anneliden oder Ringelwürmern, *Annelidae*. Sie begreift in der Jetztwelt eine umfangreiche Abtheilung der Gliedwürmer, die mit gewissen Formen schon einen ziemlich hohen Grad der Organisation erlangt und namentlich an die Gliedfüsser, *Arthropoda*, heranreicht.

Ihr Körper ist meist cylindrisch, seltener etwas abgeplattet. Er ist mehr oder weniger deutlich gegliedert d. h. er besteht aus mehr oder minder zahlreichen in einer Reihe hinter einander folgenden Abschnitten oder Metameren. Die zwei vorderen Abschnitte bilden den Kopf. Die übrige Gliederung ist vorwaltend gleichartig (homonom). Die Abschnitte stimmen meist vollkommen unter einander überein, meist auch zugleich im äusseren und inneren Bau. Die Ringel sind entweder ganz fusslos oder mit Bündeln von Borsten besetzt oder sie bilden vortretende Fussstummeln, die dann noch Borsten tragen.

Bei einem Theil der höheren Ringelwürmer ist der dem zweiten Körperabschnitt angehörende Mund mit hakenförmigen, gekrümmten hornigen oder auch kalkigen Kiefern bewaffnet, es sind rechts und links angebrachte, horizontal wirkende scharfe Kauwerkzeuge. Eine solche Mundbewaffnung findet sich namentlich bei den meisten der frei umherschweifenden Meeres-Anneliden *(Chaetopoda errantia)* so bei den Familien *Nereidae* und *Eunicidae*. Die Nereiden besitzen ein oder zwei Paar scharfe vorstehende Zangenkiefern. Die Euniciden besitzen mehrere (7—9) gezähnelte hakenförmige Kiefern, zur Linken einen mehr, dazu noch eine aus zwei Stücken bestehende hornige Unterlippe (den Unterkiefer).

Die Anneliden sind die einzige Klasse der Würmer, deren Vertreter im Verlaufe der Formationen in einigermaassen grösserer Menge der Formen und stellenweise auch in besonderen Schichten abgelagert erscheinen. Und zwar kommt diese verhältnissmässige Häufigkeit auf Rechnung der meerischen Borstenwürmer, *Chaetopoda*.

Sehr selten sind einigermaassen wohlerhaltene Reste des ganzen Thierkörpers, man kennt deren vereinzelt aus dem Kalkschiefer von Solnhofen. Es sind besonders freilebende Formen. Andere ältere Lager lieferten vereinzelte feste Kiefern, wie es scheint, von Nereiden und Euniciden.

Am häufigsten und fast in allen Meeresablagerungen vertreten sind die festen Kalkröbren der *Tubicolae*, namentlich der *Serpula*-Arten. Dazu kommen auch zuweilen aus Sand zusammengekittete Röhren von anderen Tubicolen.

Die Anneliden zerfallen in zwei Unterklassen *Hirudinea* und *Chaetopoda*.

Die Blutegel, *Hirudinea, Discophora*, sind geringelt, aber fusslos. Der Körper ist etwas abgeplattet und weich, aber mit ziemlich derber Haut bekleidet. Die äusseren Ringel stehen gedrängt, aber es kommt auf 3—5 äussere Abgliederungen jedesmal nur ein inneres Segment. Der Kopf ist nie scharf vom Rumpfe gesondert. Der Mund bildet einen Saugnapf, der mit drei gezähnten hornigen Kiefern bewafinet ist. In ähnlicher Weise bildet auch das Hinterende des Körpers eine Haftscheibe. Die meisten Blutegel bewohnen süsses Wasser. Wenige finden sich im Meer. Einige Arten bewohnen auch feuchte Wälder tropischer Gegenden z. B. auf Ceylon und den Sunda-Inseln.

Die Blutegel eignen sich nur wenig zu fossiler Erhaltung. Man kennt aus dem Kalkschiefer von Solnhofen einige wurmförmige Reste von mehr oder

minder an Blutegel erinnerndem Aussehen. Man hat sie *Hirudella* genannt, sie sind aber noch sehr zweifelhaft.

Die weit umfangreichere zweite Unterklasse der Ringelwürmer begreift die Chätopoden oder Borstenwürmer, *Chaetopoda*. Es sind deutlich segmentirte Würmer, bei ihnen fallen die äusseren Metameren-Ringel mit den inneren Segmenten zusammen. Bei den höheren Formen ist der Kopf meist deutlich abgesetzt. Er besteht aus den zwei vordersten Körperabschnitten, der erste trägt dann die Augen und Fühler oder Tentakeln, der zweite den Mund und geringelte Fäden oder Cirrhen. Die Bewegungsorgane bestehen bei einem Theile, wie bei den Regenwürmern, nur aus Borstenbündeln. Andere besitzen an jedem Körperglied ein oder zwei paar kurze ungegliederte und mit Borstenbündeln bewaffnete Fussstummeln. Diese sind sämmtlich Meeresbewohner. Manche derselben tragen an den Metameren über den Fussstummeln auch noch besondere Athmungs-Anhänge oder Kiemen.

Die meisten Borstenwürmer leben im Meere, doch schwimmen in der Regel nur die Larven frei umher. Die Erwachsenen bewohnen das Ufer oder grössere Tiefen des Meeres. Ein Theil derselben wohnt auch in selbstgebauten Röhren. Die grössten finden sich in den Tropen-Meeren. Nur wenige leben in feuchter Erde, wie die Regenwürmer, noch andere im Schlamme süsser Gewässer.

Die Regenwürmer, *Lumbricidae*, sind Anneliden ohne Fussstummeln und nur mit wenigen (jederseits vier paarweise gestellten) Borsten. Ihr Körper ist langgestreckt-cylindrisch, vorn und hinten verschmälert und erreicht eine Länge von 20—30 Centim. Der Körper ist geringelt, kein deutlicher Kopf abgeschieden, der Mund wird von den zwei vorderen Ringeln gebildet. Die Regenwürmer leben in der Dammerde und graben sich darin Höhlen. Sie fressen faulende Pflanzenstoffe zusammen mit Erde und geben ihren Koth am Eingange ihrer Schlupfröhre von sich. Er bildet kleine wurmförmige Häufchen an der Erdoberfläche. Dieses fortwährende Aufwühlen der Dammerde durch Regenwürmer ist von Folgen für die Lagerung derselben. Es führt zu allmählicher Ueberschüttung der bisherigen Oberflächenschicht, so dass z. B. eine auf ihr abgesetzte Schicht von Asche oder von groblichen Steinchen nach wenig Jahren schon ein paar Centim. in die Tiefe gerückt erscheint. (Ebenso spielen auch bei der Bildung von Schlammboden in Sümpfen die Excremente von Würmern eine wichtige Rolle). Fossil sind die Regenwürmer noch nicht beobachtet.

Die Röhren bewohnenden Ringelwürmer oder Tubicolen, *Tubicolae*, sind langgestreckte vielgliederige Chätopoden, welche als Larven einen deutlichen mit zwei Augen versehenen Kopf besitzen und frei im Meere umherschwimmen, dann aber sich festsetzen, eine Röhre ausbilden und nunmehr eine besonders am Kopfe bemerkliche rückschreitende Metamorphose erleiden. Beim erwachsenen Thier ist der Kopf nicht deutlich abgeschieden, die Augen sind geschwunden, statt deren haben sich zahlreiche fadenförmige Fühler oder Cirrhen entwickelt, der Mund ist kieferlos.

Diese Tubicolen bewohnen theils kalkige Röhren, welche von der Oberhaut abgesondert werden, wie *Serpula*, *Spirorbis* und *Ditrupa*, theils bleiben die Röhren häutig, wie bei *Sabella*. Noch andere besitzen aus Sandkörnern und anderweiten Trümmerchen zusammengekittete Röhren, wie *Terebella*. Sie sind ausschliesslich Meeresbewohner.

Bei der Tubicolen-Gattung *Serpula* bewohnt das Thier eine an Steinen, Conchylien u. dergl. angeheftete drehrunde oder kantige Kalkröhre. Beim Zurück-

ziehen in die Röhre dient ein keulenförmiger oder schirmförmiger Fühler als Verschluss oder Deckel. Kalkröhre fest, hinten geschlossen, nach vorn allmählich an Dicke zunehmend, oft fast cylindrisch, mehr oder minder verlängert, auf Steinen, Conchylien u. s. w. festsitzend, überhaupt mannigfach gestaltet, einzeln oder zahlreich zusammengehäuft, mehr oder minder unregelmässig verbogen, zuweilen auch spiral eingerollt. Seltener frei.

Die Arten leben im Meere aller Klimate. Fossil findet man sie in Meeresschichten aller Formationen. Im paläozoischen System sind sie nur spärlich vertreten, häufiger besonders vom Jura-System an. Sie sitzen gewöhnlich auf Austern.

Serpula limax GOLDF., findet sich im mittleren Jura von Schwaben, Franken u. a. O., wo sie namentlich auf Scheiden von *Belemnites giganteus* (Et. Bajocien) festsitzt. Wird 9—10 Centim. lang und nimmt ziemlich rasch in die Dicke zu. Breit aufgewachsen, etwas hin und her gebogen, am Grunde zu beiden Seiten mit verbreitertem Saum angeheftet, auf dem Rücken kantig gekielt. Im Lichten immer drehrund. Oberfläche quer gestreift, Streifen auf dem Kamm nach vorn gezogen. Bisweilen erhebt sich die Röhre nach vorn über ihre Bodenfläche, dann wird auch die Aussenseite derselben walzig.

Serpula coacervata BLUMENB., bildet am Süntel, Deister und Osterwald besondere Schichten für sich und diese gewinnen stellenweise eine ansehnliche Mächtigkeit. Dies ist der sogen. Serpulitenkalk, er besteht fast ganz aus *Serpula*-Röhren. Es kommen noch einige Arten *Corbula* und *Cyrena* damit vor, sie erweisen, dass derselbe eine Brackwasser-Bildung ist. Er gehört in die Oberregion der Purbeck-Stufe des nordwestl. Deutschlands. — Gehäuse schlank, walzig, etwas hin und her gebogen, quer gestreift, 1—1½ Millim. dick, in Menge neben einander herlaufend.

Das Thier der Gattung *Spirorbis* weicht nur wenig von dem von *Serpula* ab. Gehäuse schneckenartig in einer Ebene gewunden, mit der einen Seite flach aufgewachsen. Arten klein. *Spirorbis nautiloides* lebt in der Nordsee und sitzt häufig auf Zosteren. Röhre scheibenförmig, fast genabelt. Umgänge oben gerundet, Oberfläche runzelig. *Spirorbis omphalodes* GOLDF. Häufig auf Brachiopoden und Korallen im Kalksteine des mittleren devonischen Systems, bes. zu Gerolstein. 2—3 Millim. gross, stark eingerollt, mit scharfen Anwachsstreifen.

Die an den Meeresküsten lebenden Terebellen bauen eine lange, allmählich sich erweiternde, fast cylindrische Röhre aus Sandkörnern und anderen Körperchen, die sie fest zusammenkitten. Sie ist gerade oder hin und her gebogen. Dahin gehört *Terebella conchilega*, sie lebt in der Nordsee und wird 20—25 Centim. lang. *Terebella lapilloides* GOLDF. findet sich im Jurakalk von Streitberg in Franken, auch in den Schwammschichten der schwäbischen Alp und wird 2—3 Millim. dick.

Ditrupa ist ein Röhrenwurm mit einem freien an beiden Enden offenen walzenförmigen Gehäuse, das von dem der Schnecken-Gattung *Dentalium* nur wenig abweicht. Es ist eine einfache gerade oder schwach gebogene Kalkröhre. Arten in Kreide, tertiär und lebend.

Die Gattung *Pyrgopolon* vergl. pag. 454. Ihre Beziehung schwankt noch zwischen Tubicolen und Dentalien.

Die Arenicoliden, *Arenicolidae*, bewohnen Sandröhren an der Küste. *Arenicola piscatorum* L. ist ein langer cylindrischer Wurm, einem Regenwurm einigermaassen ähnlich, 25—30 Centim. lang. Der vordere Rumpftheil ist kolbig-

verdickt, der Kopf aber undeutlich und der Mund unbewaffnet. Fussstummeln klein, nur an der vorderen Körperhälfte vorhanden. Arenicola lebt an der Küste der Nordsee in grosser Menge zwischen der Ebbe und der Fluthzone in Sandlöchern, die er mit Schleim auskleidet. Sie stehen senkrecht.

Man findet in thonigsandigen Meeresschichten, namentlich schon der cambrischen und der silurischen Stufe, zuweilen senkrechte oder schräg verlaufende, mit abweichender Gesteinsmasse ausgefüllte Röhren. In manchen Schichten finden sie sich in grosser Menge nebeneinander. Man betrachtet sie als Schlupflöcher von mancherlei freilebenden Anneliden, vergleicht sie mit Arenicola und belegt sie mit besonderen Namen wie *Arenicolites* u. s. w. Doch ist nichts näheres daraus zu entnehmen, auch ihre Anneliden-Natur nicht ausser Zweifel.

Die frei umherschweifenden Borstenwürmer, *Chaetopoda errantia,* sind im Meere lebende, frei schwimmende, auch kriechende Borstenwürmer. Sie sind meist langgestreckt und fast walzig oder etwas abgeflacht. Ihr Kopf ist meist deutlich abgesondert, auch häufig mit Augen und Fühlern versehen. Der Mund ist oft zu einem Rüssel vorstülpbar, gewöhnlich mit festen, hornigen oder kalkigen Kiefern versehen. Sie präludiren in ihrer Körpergestalt mehr oder minder den Scolopendern (Myriapoden). Dahin gehören die Gattungen *Aphrodite*, *Nereis*, *Eunice* u. a.

Bei den Nereiden, *Nereidae* ist der Körper langgestreckt, fast cylindrisch, vielgliedrig. Der Kopf ist deutlich, der Mund mit 2 oder 4 hornigen Kiefern versehen. *Nereis pelagica* lebt in der Nordsee und der Ostsee, wird 12 Centim. lang.

Bei den Euniciden, *Eunicidae,* ist der Körper langgestreckt und vielgliedrig. Die Ausbildung der Kauwerkzeuge erreicht bei ihnen den höchsten Grad. Der Mund trägt 7—9 hornige oder kalkige Kiefern. (An der linken Seite einer mehr als an der rechten). Dazu kommt noch eine aus zwei Stücken bestehende hornige Unterlippe (der Unterkiefer). *Eunice gigantea* ist die längste Art aller lebenden Ringelwürmer. Erreicht 1—1,5 Meter Länge und darüber. Im westindischen Meer.

Man kennt seit 1842 aus dem Solnhofener lithographischen Kalkschiefer Reste von Nereiden, bezog sie aber zufolge dürftiger Erhaltung auf Scolopender (Myriapoden, Band II, pag. 464). *Eunicites* Ehl. begreift Reste mit sehr langgestrecktem, an den Seiten der Segmente mit starken Borsten (Stütznadeln) besetztem Rumpfe. Oberkiefer und Unterkiefer sind verkalkt. Der Oberkiefer besteht aus einer grösseren Anzahl von kleinen chitinosen an der Schneide gesägten Platten. Der Unterkiefer besteht aus zwei Hälften, jede mit einem gewölbten Schneidestück, dessen Vorderrand häufig gezähnt ist. *Eun. avitus* Ehlers fand sich im lithographischen Schiefer von Eichstädt.

Aus dem unteren und oberen Silur-System von Nord-Amerika (Toronto in Canada), auch aus devonischen Schichten, aus Kohlenkalk u. s. w. kennt man eine grössere Anzahl von vereinzelten Nereiden-Kieferbruchstücken. Die silurischen sind von sehr mannigfaltiger Gestalt, von schwärzlicher Färbung und lebhaftem Glanz, sie bestanden also ursprünglich aus Chitin. Hierher sollen auch gewisse Conodonten (Band I, pag 408) gehören.

Wir schliessen an die Anneliden — gleichviel ob als eine höhere Ordnung derselben oder als eigene Klasse der Würmer — die Onychophoren oder Krallenwürmer, *Onychophora.* Hierher gehört in der heutigen Fauna nur die einzige Gattung *Peripatus.* Sie begreift Würmer, die in heissen Erdtheilen in feuchter Erde leben. Sie sehen den Myriapoden ähnlich und stehen beiläufig zwischen letzteren und den Würmern. Ihr Körper ist cylindrisch, von gedrungener Gestalt und gleichmässig geringelt. Metameren 20—30, jedes mit einem Bein-

paar. Beine ungegliedert, in Krallen endigend. Kopf wenig entwickelt, mit zwei Fühlern versehen. MOSELEY zeigte, dass *Peripatus* wirkliche Luftröhren oder Tracheen besitzt und damit von den Anneliden zu den Tracheaten überführt. Ueberall in der Haut finden sich feine Löcher (Stigmen), die in blinde Tracheen-Bündel führen, unregelmässig vertheilt — noch nicht in Längsreihen geordnet wie bei den eigentlichen Tracheaten.

Nach E. HAECKEL (1879) ist also *Peripatus* ein vereinzelter Nachkomme der primitiven Formen der Tracheaten, der noch ungegliederte Beinpaare besitzt und solcher Gestalt zeigt, dass die Myriapoden aus Anneliden hervorgingen. In den beiden ersten Bänden nahmen wir nach HAECKEL's älterer Darstellung an, dass die *Arthropoda tracheata* (Myriapoden, Band II, pag. 464, Arachniden, Band I, pag. 43, Insecten, Band II, pag. 133) von primitiven Crustaceen abstammen. Die Herleitung wird durch das Eintreten des *Peripatus* nunmehr etwas verschoben. Von ihm d. h. von vorsilurischen Verwandten desselben stammen zunächst die Myriapoden, von diesen dann die übrigen Tracheaten ab, während die Crustaceen aus einer andern Würmer-Klasse, den Rotatorien, — sowie von einer Anzahl dermalen verschwundener gewissen Larven, namentlich der Nauplius-Larve nahestehender Formen — herzuleiten sein werden.

Anhangsweise erörtern wir bei den Würmern nochmals eine schon bei den Meeres-Algen besprochene Reihe von problematischen Fossilien aus sehr alten Formationen. MURCHISON beschrieb aus den Schiefern des unteren silurischen Systems von England eine Anzahl wurmähnlicher Fossilien von vielgewundener Gestalt und zum Theil grosser Länge, die oft ausgedehnte Schichtenflächen in Menge überdecken, unter der Bezeichnung Nereiten, Myrianiten und Nemertiten. Seither fanden sich solche Reste auch in devonischen Schichten.

Nereites begreift schlangenförmige oder wurmförmige vielfach gewundene Körper mit zweireihig angeordneten breitlappigen Seitenanhängen, die viel breiter sind als der Achsencylinder. *Nereites Cambrensis* MURCH. findet sich im untersilurischen Thonschiefer der Llandeilo-rocks in Süd-Wales.

Myrianites ebenfalls aus den untersilurischen Schichten von England begreift langgestreckte Körper mit undeutlichen hakenförmigen Seitenanhängen. Sie erreichen bedeutende Längen (mehrere Meter). *Myrianites Macleayi* MURCH. ist länger und schmäler als die Nereiten, der Achsenkörper angeblich geringelt, die Seitenanhänge sehr schmal.

Nemertites ebenfalls aus den untersilurischen Schichten von England begreift dünne, sehr lange fadenförmige und vielfach gewundene Körper mit angeblicher undeutlicher Abgliederung. *Nemertites Olivantii* MURCH. ist ein langer dünner wurmförmiger Körper vom Ansehen eines *Gordius*.

Man hat diese Nereiten, Myrianiten und Nemertiten lange für Reste von Anneliden gehalten. Die Aehnlichkeit ist aber nur oberflächlich. Namentlich fehlen alle Spuren von seitlichen Borsten-Bündeln oder Stütznadeln. Auch hat man noch nie daran einen Kopf mit Fühlern und Kiefern gefunden.

E. HAECKEL hat sie zwar als gegliederte Würmer den Anneliden verwandt anerkannt, und sie Panzerwürmer, *Phracthelminthes* genannt. Er schrieb ihnen einen festeren Hautpanzer zu, als es sonst bei Würmern vorkommt.

Aber auch die Botaniker nehmen diese problematischen Fossilien für sich in Anspruch, namentlich W. P. SCHIMPER, der sie Schnuralgen, *Chordophyceae* nannte. Nach dieser Deutung ist der wurmförmige Achsenkörper der Stamm einer Meeresalge, die seitlichen Anhänge aber sind deren Blätter. Bisweilen soll

sich der Stamm (bei einer ähnlichen jüngeren Form *Gyrochorda ramosa* HEER) gegen vorn auch gabeln — was für den pflanzlichen Ursprung den Ausschlag ergeben würde. Wir betrachteten diese problematische Fossilien-Gruppe schon bei den Meeres-Algen (Art. Kryptogamen, Band II, pag. 231—232.)

Zeichnen der Krystallgestalten

von

Professor Dr. **Kenngott**.

Um das Studium der Krystallographie und Mineralogie zu erleichtern, wurden schon frühzeitig Krystallmodelle angefertigt und in den Lehrbüchern die Krystallgestalten durch Abbildungen ersichtlich gemacht. Ueber den Nutzen der Krystallbilder sprach sich C. F. NAUMANN pag. 390 im 2. Bande eines Lehrbuches der reinen und angewandten Krystallographie (Leipzig 1830) in folgender Weise aus:

Weil die krystallisirten Varietäten als die eigentlichen Repräsentanten einer jeden Mineralspecies betrachtet werden müssen, durch deren Kenntniss sie erst ein Gegenstand für die Physiologie des Mineralreiches wird, und weil demnach die Gestalten der mineralogischen Individuen für die wissenschaftliche Mineralogie eben sowohl ein Merkmal des ersten Ranges bilden, als die Gestalten der Thiere und Pflanzen für die Zoologie und Botanik; so wird die bildliche Darstellung dieser Gestalten eines der wichtigsten Hilfsmittel der Wissenschaft und folglich die Lehre von der richtigen Entwerfung der Krystallbilder eine der wesentlichsten Aufgaben der angewandten Krystallographie. Man ist daher auch immer darauf bedacht gewesen, dieses Hilfsmittel auf eine mehr oder weniger angemessene Art in Anwendung zu bringen, und die so wichtigen morphologischen Merkmale der Mineralspecies durch die, den Beschreibungen beigefügten Zeichnungen zu veranschaulichen; wozu man sich um so mehr aufgefordert fühlen musste, seitdem man zu der Ueberzeugung gelangt war, dass die Krystallformen, der scheinbaren Unbeständigkeit ihres Habitus ungeachtet, doch nach sehr bestimmten und einfachen stereometrischen Gesetzen gebildet sind. Diese Bestimmtheit und Einfachheit der plastischen Gesetze sind es auch, kraft welcher sich die Mineralogie im Vergleiche zur Zoologie und Botanik des ganz besonderen Vorzuges zu erfreuen hat, dass jeder mit den Regeln der Projectionslehre vertraute Zeichner nach dem kurzen krystallographischen Zeichen einer Krystallform das Bild derselben mit grosser Genauigkeit darzustellen vermag, während selbst die ausführlichste Beschreibung einer Thier- oder Pflanzenform noch nicht hinreichend ist, um danach das Bild derselben richtig zu entwerfen.

Um nun diesen Nutzen aus den Krystallbildern ziehen zu können, müssen dieselben nach ihm drei Eigenschaften besitzen: mathematische Richtigkeit, krystallographische Wahrheit und ästhetische Deutlichkeit und wenn auch diese Eigenschaften allseitig erstrebt werden, so ist leicht ersichtlich, dass desshalb nicht allgemein auf gleiche Weise die Krystallbilder entworfen werden, weil die Ansichten verschieden sind.

NAUMANN hat nun in exacter mathematischer Durchführung gezeigt, wie solche Bilder zu entwerfen sind. Da jedoch hier weder diese Anleitung auszugsweise gegeben werden kann, ohne unverständlich zu werden, noch andere Anleitungen damit zu vergleichen sind, weil dies zu weit führen würde, beides nicht in dem Rahmen dieses Werkes liegt, so soll nur in Kürze gezeigt werden, wie solche

Krystallbilder verschieden und doch richtig sein können und wie man im Allgemeinen bei dem Zeichnen verfährt.

Bei der Besprechung der Krystallgestalten wurde bereits angegeben, dass es für die Betrachtung derselben zweckmässig sei, den Krystallgestalten der verschiedenen Systeme eine bestimmte Stellung zu geben, in welcher sie vor dem Beobachter stehend betrachtet, beschrieben und mit einander verglichen werden. So wurde z. B. angegeben, dass man die Krystalle des tesseralen Systems so vor sich hinstellt, dass eine der drei Achsen senkrecht steht, wodurch die beiden anderen in einer horizontalen Ebene liegen und dass man von diesen beiden eine querliegend vor sich hat, wodurch dann die andere mit ihrem einen Ende gerade auf den Beobachter zuläuft, parallel den Gesichtsstrahlen, das andere Ende längshin von dem Beobachter abgewendet ist.

Bei dieser Stellung der tesseralen Achsen steht das Hexaeder auf einer horizontalen Ebene so vor dem Beobachter, dass er nur die eine ihm zugewendete Fläche sieht, besonders wenn man sich für die Zeichnungsmethode vorstellt, dass das Auge unendlich weit von dem Hexaeder entfernt ist und desshalb die Gesichtsstrahlen auf der zugewendeten Hexaederfläche senkrecht stehen. Diese Hexaederfläche ist parallel der Projectionsfläche. Die vier bei dieser Stellung vertikalen Kantenlinien des Hexaeders sind bei der gedachten unendlichen Entfernung des Auges vom Hexaeder so gestellt, dass je zwei, eine vordere und eine hintere einander decken und die vertikale Achse steht in der Mitte.

Wollte man das Hexaeder in dieser Stellung zeichnen, so würde sowohl das projectivische, als auch das perspectivische Bild des Hexaeders ein auf einer horizontalen Seite aufrecht stehendes Quadrat darstellen und nicht der verlangten ästhetischen Deutlichkeit entsprechen, weil man bei einem solchen Krystallbilde nicht wüsste, ob das Quadrat ein Quadrat sein soll oder die Projectionszeichnung auf die der zugewendeten Hexaederfläche parallele Projectionsfläche.

Denkt man sich nun das Hexaeder unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen um die vertikal stehende Achse ein wenig von rechts nach links gedreht, so tritt die rechts liegende, vorher nicht sichtbare Hexaederfläche in Sicht, man sieht drei der vertikalen Kantenlinien und die Projectionszeichnung des Hexaeders stellt nun zwei Oblonge neben einander dar, ein schmales rechts liegendes und ein breites links liegendes, aber auch ein solches Bild des Hexaeders würde noch nicht genügen. Es würde ein Wenig mehr an das Hexaeder denken lassen, wenn man die vierte nicht sichtbare vertikale Hexaederkantenlinie in der Zeichnung durch eine punktirte Linie sichtbar machen würde. Da die Drehung um die vertikale Achse eine verschiedene sein kann, so würde man eine ganze Reihe solcher Bilder entwerfen können, die sich nach dem Drehungswinkel durch die relative Breite der beiden Oblonge unterscheiden würden. Bei einer Drehung von 45° erscheinen die beiden Oblonge gleich. Für verschiedene Zeichnungen des Hexaeders wählt man nach Willkür die relative Breite der beiden Oblonge. So z. B. wird für die nachfolgende Zeichnung des Hexaeders die Stellung gewählt, dass das rechtsliegende Oblong $\frac{1}{3}$ der Breite des links liegenden Oblong darstellt, wodurch, wenn man ausser der punktirten Linie, welche die hintere Kantenlinie des Hexaeders ausdrückt, auch noch die vertikale Achse durch eine Linie ausdrückt, diese 5 Linien in gleicher Entfernung von einander sind, von denen die mittelste der vertikalen Achse entspricht.

Man kann auch das der Projectionsebene parallel gestellte Hexaeder um die querliegende Achse mehr oder weniger drehen, um die obere Fläche sichtbar

zu machen oder auch das bereits um die vertikale Achse mehr oder weniger gedrehte Hexaeder um eine durch den Mittelpunkt gezogene horizontale Linie, welche gleichzeitig parallel der Projectionsebene ist, wodurch drei Hexaederflächen sichtbar werden und zu Krystallbildern des Hexaeders führen.

Unter den verschiedenen Bildern, welche man so bei verschiedener Stellung erhalten kann, gestattet dann jedes, in Uebereinstimmung mit dem des Hexaeders andere tesserale Gestalten zu zeichnen, sowie die Gestalten anderer Systeme.

Wählt man, um dies zu zeigen, die von W. HAIDINGER in seinem Handbuche der bestimmenden Mineralogie pag. 61 gegebene leicht verständliche Anleitung zum Zeichnen des Hexaeders, so ergiebt sich diese, wie folgt:

In dem Quadrat *A B C D* (Fig. 1) theile man die Seite *A B* in vier gleiche Theile, ziehe durch die 3 Theilungspunkte *b*, *g* und *p* Parallelen zu den Seiten *A C* und *B D*, theile auch die Seite *A C* in vier gleiche Theile und ziehe durch die Theilungspunkte *f*, *t* und *a* Parallelen zu den Seiten *A B* und *C D*. Hierauf verbinde man den ersten Theilungspunkt *b* in *A B* mit dem dritten Theilungspunkte *a* in *A C*, diesen mit dem Punkte *d* in *C D*, diesen mit dem Punkte c in *B D* und diesen mit dem Punkte *b* in *A B*. Hierdurch entsteht das Quadrat *a b c d* als eingeschriebenes in dem Quadrate *A B C D*. Das Quadrat *a b c d* entspricht einer Fläche eines Hexaeders, welches in der Horizontalebene auf einer Kante so aufliegt, dass diese von *d* ausgehend den Gesichtsstrahlen paralllel ist.

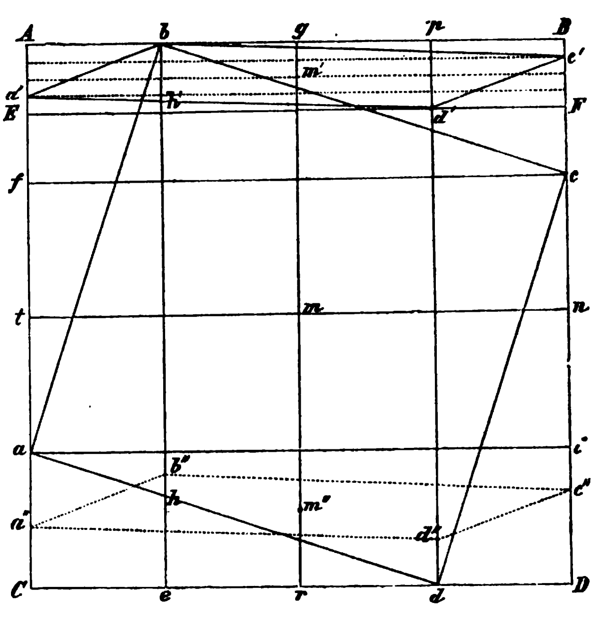


Fig. 1. (Min. 272.)

Die von *a*, *b* und *c* ausgehenden Kantenlinien des so gestellten Hexaeders sind gleichfalls den Gesichtsstrahlen parallel, so wie die von *m*, dem Mittelpunkte des Quadrates *a b c d* ausgehende Achse des Hexaeders. Die vier von den Punkten *a*, *b*, *c* und *d* ausgehenden Kantenlinien liegen nun in den durch die Linien *A C*, *b e*, *p d* und *B D* gelegten, der Gesichtsebene parallelen vertikalen Ebenen, die von *m* ausgehende Achse in der diesen parallelen durch *g r* gelegten Ebene und das Quadrat *A B C D* mit dem eingezeichneten Quadrate *a b c d* ist parallel der Projectionsfläche. Die 5 durch die Linien *A C*, *b e*, *g r*, *p d* und *B D* gelegten, der Gesichtsebene parallelen Ebenen stehen gleichweit von einander ab und ebenso die von *a*, *b*, *d* und *c* ausgehenden Kantenlinien und die von *m* ausgehende Achse. Ferner halbire man *A f* und ziehe durch den Halbirungspunkt *E* eine Parallele zu *A B*, so ist das Oblong *A B E F* der achte Theil des Quadrates *A B C D*. Hierauf theile man *A E* in vier gleiche Theile und ziehe durch die Theilungspunkte Parallelen zu *A B*, so wird durch diese das Oblong *A B E F* in vier gleiche Theile getheilt.

Denkt man sich nun zwei solche Figuren congruent auf einander gelegt und

vertikal und parallel der Projectionsebene vor sich stehend, so kann man sich leicht vorstellen, dass man die eine derselben, die obere um *A B* aufwärts bewege und diese Bewegung so lange fortsetze, bis für das Auge der Punkt *C* der aufwärts bewegten Fläche mit dem Punkte *E* der stehen gebliebenen zusammenfällt, desgleichen der Punkt *D* mit dem Punkte *F* oder die Linie *C D* mit der Linie *E F*. Auf diese Weise sieht man das aufwärts bewegte Quadrat *A B C D* mit dem eingeschriebenen Quadrat *a b c d* im achten Theil der Breite der stehen gebliebenen unteren Figur und es ist das Oblong *A B E F* der unteren stehen gebliebenen Figur die Projectionszeichnung des aufwärts bewegten Quadrates *A B C D*. Die 3 Theilungslinien parallel *A B* in diesem Oblong *A B E F* sind die Projectionslinien der 3 Theilungslinien *f c*, *t n* und *a i* in dem aufwärts bewegten Quadrate *A B C D*.

Zieht man nun in dem vertikal stehenden Oblong *A B E F* die Linien *b a'*, *a' d'*, *d' c'* und *b c'*, so ist das Rhomboid *a' b c' d'* die Projectionsfigur des aufwärts bewegten Quadrates *a b c d*, der zu zeichnenden Hexaederfläche. Das vorher auf der durch *d* gehenden Kantenlinie aufliegende Hexaeder steht nun so vor dem Beobachter, dass derselbe die obere Fläche im achten Theil der Breite ein Wenig nach vorn geneigt sieht, indem die durch *m* gehende Achse, jetzt in *m'* endigend, nicht vertikal steht, sondern ein wenig nach vorn geneigt, wie auch die von *a'*, *b*, *c'* und *d'* ausgehenden mit dieser Achse parallelen Kantenlinien, die ihre Abstände von einander so zeigen, wie oben angegeben wurde. Diese vier Kantenlinien und die ihnen parallele Achse liegen in den durch die Linien *A C*, *b e*, *p d*, *B D* und *g r* gelegten Gesichtsebenen, nur sind sie für das Auge durch ihre wenig schräge Stellung ein Wenig verkürzt.

Um nun die Projectionszeichnung des Hexaeders zu vollenden, dessen obere Fläche das Rhomboid *a' b c' d'* ist, hat man nur nöthig, von den Punkten *a'*, *b*, *c'* und *d'* aus in den Linien *A C*, *b e*, *B D* und *p d* die gleich langen Stücke *a' a''*, *b b''*, *c' c''* und *d' d''* abzuschneiden, wodurch das Rhomboid *a'' b'' c'' d''* congruent mit *a' b c' d'* die Projectionszeichnung der unteren Hexaederfläche ist. Die Längen dieser gleich langen Stücke *a' a''*, *b b''*, *c' c''* und *d' d''*, welche die Projectionslinien der vier ein wenig schräg stehenden Hexaederkanten darstellen, sind etwas kürzer als die wirklichen Kantenlinien des Hexaeders, also etwas kürzer als die Seiten des Quadrates *a b c d* und man findet ihre Länge ganz genau, wenn man die wahre Kantenlänge *a b* als Diameter eines Halbkreises in 8 gleiche Theile theilt, einen solchen achten Theil von einem Endpunkte des Diameter aus als Sehne in den Halbkreis einträgt und ihren Endpunkt mit dem anderen Endpunkte des Diameter verbindet. Diese Verbindungslinie, die längere Kathete des entstehenden rechtwinkligen Dreiseites ist die zu zeichnende Länge der Projectionslinien der ein wenig schräg stehenden Kantenlinien und wenn man von dem Punkte *m'* aus, dem Miitelpunkte des die Hexaederflächen darstellenden Rhomboides *a' b c' d'* in der Linie *g r* ein gleichlanges Stück *m' m''* abschneidet, so ist *m''* der Mittelpunkt der unteren Hexaederfläche, des Rhomboides *a'' b'' c'' d''* und *m' m''* ist die Projection der etwas schräg stehenden Achse.

Nimmt man aus der Zeichnung (Fig. 1) das Bild des Hexaeders *a' b c' d' a'' b'' c'' d''* heraus, durch Abstechen mit einer Nadel auf ein untergelegtes Blatt Papier, so erhält man nach Verbindung der Mittelpunkte je zweier parallelen Hexaederflächen das Bild des zu zeichnenden Hexaeders mit seinen drei Achsen (Fig. 2). Die bei der etwas schrägen Stellung des um die vertikale Achse nach

links gedrehten Hexaeders sichtbaren Kantenlinien sind als Linien ganz ausgezogen, die nicht sichtbaren sind fein punktirt, die Achsenlinien gestrichelt.

Von dieser Zeichnung (Fig. 2) des Hexaeders ausgehend, kann man nun zunächst die Bilder aller anderen tesseralen holoedrischen Gestalten entwerfen, wenn sie dieselbe Stellung wie das Hexaeder für die Projectionszeichnung haben.

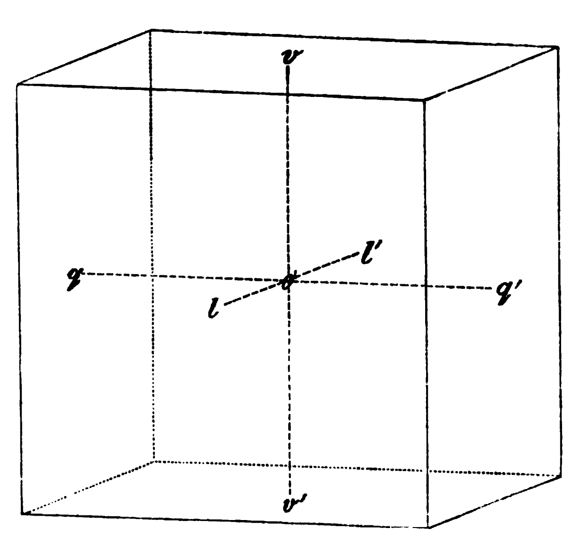
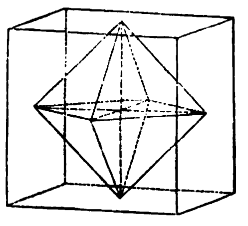


Fig. 2. (Min. 273.)

Der Winkel, welchen die etwas geneigte vertikale Achse mit der vertikalen Projectionsfläche bildet, beträgt 7° 10′ 51″. In der Zeichnung schneiden sich die drei aufeinander senkrechten Achsen des Hexaeders unter schiefen Winkeln, vv' bildet mit qq' die Winkel 87°36′50″ und 92°23′10″, vv' bildet mit ll' die Winkel 69° 26′ 38″ und 110° 33′ 22′ und qq' mit ll' die Winkel 22° 56′ 32″ und 157′ 3′ 28″. Die drei gleichlangen Achsen des Hexaeders erscheinen in der Zeichnung nicht gleichlang, sondern es verhalten sich $vv':qq':ll'$ wie 47:45:16, ganz genau wie 47,003:44,983:16, wofür man ohne Bedenken die Zahlen 47, 45 und 16 nehmen kann.

Man kann nun, gestützt auf diese durch Berechnung gewonnenen Zahlen der Achsenlängen und der Durchschnittswinkel der Achsen oder der Kantenlinien des Hexaeders Hexaeder in verschiedener Grösse zeichnen, oder auch das Oktaeder als Grundgestalt des tesseralen Systems. Das Bild des Oktaeders ergiebt sich unmittelbar aus dem des Hexaeders, indem man nur nöthig hat, die Mittelpunkte der Hexaederflächen entsprechend zu verbinden, um die Kantenlinien des Oktaeders zu erhalten und es hat dann das Oktaeder dieselben Achsen wie das Hexaeder (Fig. 3).


Fig. 3. (Min. 274.)

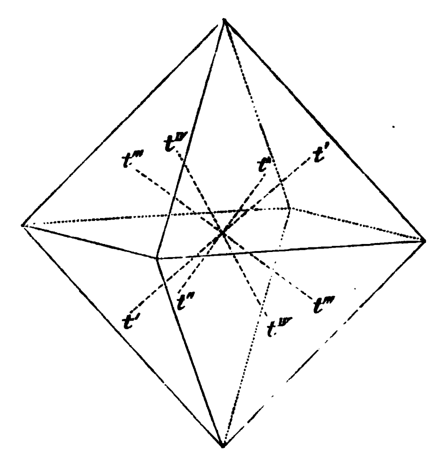


Fig. 4. (Min. 275.)

Für die Bilder anderer holoedrischen Gestalten benützt man vom Oktaeder ausgehend am besten die trigonalen und rhombischen Zwischenachsen. Die trigonalen Zwischenachsen des Oktaeders erhält man (Fig. 4), wenn man die Mittelpunkte der parallelen Oktaederflächen verbindet, während die rhombischen

Zwischenachsen (Fig. 5) die Verbindungslinien der Halbirungspunkte je zweier paralleler Kantenlinien des Oktaeders sind.

So ist, wenn man im Oktaeder die Halbachsen als Einheit nimmt, die halbe trigonale Zwischenachse $t = \frac{1}{\sqrt{3}}$ und bei Gleichheit der Achsen des Oktaeders und Rhombendodekaeders die halbe trigonale Zwischenachse des Rhombendodekaeders $= \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{3}{2} t$ (des Oktaeders). Hat man daher das Oktaeder gezeichnet und dessen trigonale Zwischenachsen eingetragen, so verlängert man diese um ihre Hälfte und verbindet die so erhaltenen Endpunkte derselben mit den Endpunkten der Achsen, wodurch man die Rhombendodekaederkanten erhält. Sticht man diese Figur ab, die Oktaederkanten weglassend, so erhält man die Zeichnung des Rhombendodekaeders (Fig. 6).

(Min. 276—277.)

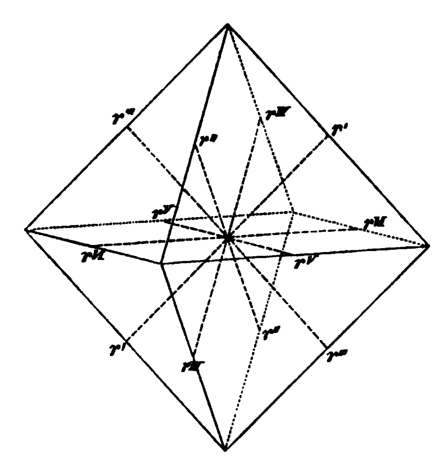


Fig. 5.

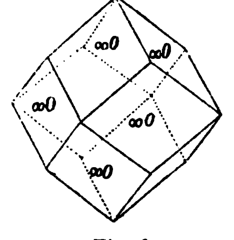


Fig. 6.

Will man ein Triakisoktaeder zeichnen, vom Oktaeder ausgehend, so ist die halbe trigonale Zwischenachse des Triakisoktaeders $= \frac{m\sqrt{3}}{2m+1} = \frac{3m}{2m+1} \cdot t$ (des Oktaeders). Ist das zu zeichnende Triakisoktaeder 2O, also m = 2, so ist die halbe trigonale Zwischenachse desselben $= \frac{6}{5} t$ (des Oktaeders). Man verlängert daher in dem gezeichneten Oktaeder die halben trigonalen Zwischenachsen desselben um $\frac{1}{5}$ ihrer Länge, verbindet die so erhaltenen Endpunkte der trigonalen Zwischenachsen mit den Endpunkten der Achsen, welche Verbindungslinien die 24 symmetrischen Kanten (die Nebenkanten) des Triakisoktaeders 2 O sind und sticht die Figur ab, die Oktaederkanten beibehaltend, welche die Hauptkanten von 2 O bilden und hat so das dem Oktaeder entsprechende Bild des Triakisoktaeders 2 O (Fig. 7).

(Min. 278—280.)

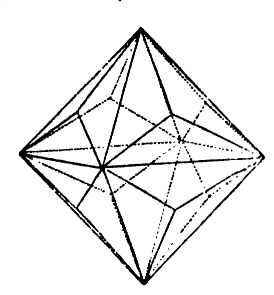




Fig. 7.

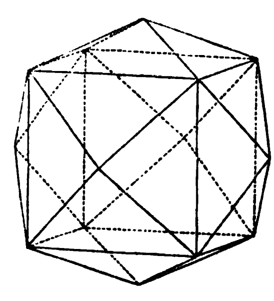


Fig. 8.

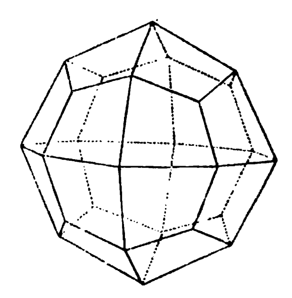


Fig. 9.

Für die Zeichnung eines Tetrakishexaeders sind auch nur die trigonalen

Zwischenachsen zu berücksichtigen; bei ihnen ist die halbe trigonale Zwischenachse $= \frac{n\sqrt{3}}{n+1} = \frac{3n}{n+1} \cdot t$ (des Oktaeders). Will man $\infty O 2$ zeichnen, so ist die halbe trigonale Zwischenachse desselben $= 2\,t$ (des Oktaeders) und man hat die trigonalen Halbachsen in der Zeichnung des Oktaeders zu verdoppeln. Sticht man die so erhaltenen Endpunkte der trigonalen Zwischenachsen und die Endpunkte der Achsen ab, so verbindet man dann die Endpunkte der trigonalen Zwischenachsen mit einander, um die Hauptkanten des Tetrakishexaeders zu erhalten und im Weiteren die Endpunkte der Achsen mit den Endpunkten der trigonalen Zwischenachsen, wodurch man die Nebenkanten von $\infty O 2$ erhält (Fig. 8).

Für die Zeichnung eines Deltoidikositetraeder mOm muss man ausser den trigonalen Zwischenachsen des Oktaeders auch die rhombischen Zwischenachsen desselben verlängern. Im Oktaeder ist $t = \frac{1}{\sqrt{3}}$, in mOm $= \frac{m\sqrt{3}}{m+2} = \frac{3m}{m+2} \cdot t$ (des Oktaeders). Im Oktaeder ist $r = \frac{1}{\sqrt{2}}$, in mOm $= \frac{m\sqrt{2}}{m+1} = \frac{2m}{m+1} \cdot r$ (des Oktaeders). Will man nun z. B. 2O2 (Fig. 9) zeichnen, so sind dessen trigonale Halbachsen $= \frac{3}{2} t$ (des Oktaeders), die rhombischen Halbachsen $= \frac{4}{3} r$ (des Oktaeders). Man verlängert also die gezeichneten trigonalen Halbachsen des Oktaeders um die Hälfte ihrer Länge, die rhombischen Halbachsen um $\frac{1}{3}$ ihrer Länge, dann sticht man die Achsenendpunkte, sowie die Endpunkte der verlängerten trigonalen und rhombischen Zwischenachsen ab, verbindet die Endpunkte der ersteren Zwischenachsen mit den Endpunkten der rhombischen und erhält die kürzeren symmetrischen Kanten, ferner die Endpunkte der Achsen mit den Endpunkten der rhombischen Zwischenachsen und erhält dadurch die längeren symmetrischen Kanten von 2O2.

Für die Zeichnung eines Tetrakontaoktaeders mOn muss man auch die trigonalen und rhombischen Zwischenachsen verlängern. Die Länge der trigonalen Halbachsen in mOn ist $= \frac{mn\sqrt{3}}{mn+m+n} = \frac{3mn}{mn+m+n} \cdot t$ (des Oktaeders) und die Länge der rhombischen Halbachsen $= \frac{n\sqrt{2}}{n+1} = \frac{2n}{n+1} \cdot r$ (des Oktaeders). Ist nun z. B. $3O\frac{3}{2}$ (Fig. 10) zu zeichnen, so sind dessen trigonalen Halbachsen $= \frac{3}{2} \cdot t$ (des Oktaeders), die rhombischen Halbachsen $= \frac{6}{5} \cdot r$ (des Oktaeders). Man verlängere daher die gezeichneten trigonalen Halbachsen des Oktaeders um die Hälfte ihrer Länge, die rhombischen Halbachsen um $\frac{1}{5}$ ihrer Länge, steche die Endpunkte der Achsen und die der verlängerten trigonalen und rhombischen Zwischenachsen ab, verbinde die Endpunkte der Achsen mit den Endpunkten der trigonalen Zwischenachsen, wodurch man die längeren Kanten von $3O\frac{3}{2}$ erhält, ferner die Endpunkte der Achsen mit den Endpunkten der rhombischen Zwischenachsen, wodurch man die mittleren Kanten von $3O\frac{3}{2}$ erhält, und zuletzt die Endpunkte der trigonalen und rhombischen Zwischenachsen, wodurch man die kürzeren Kantenlinien von $3O\frac{3}{2}$ erhält.

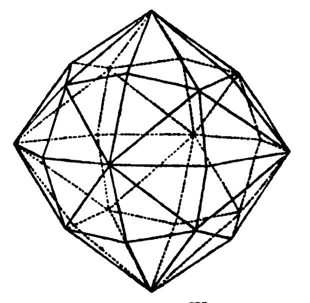


Fig. 10. (Min. 281.)

Für die Bilder der Hemieder hat man in Betracht zu ziehen, in welcher Weise dieselben aus den Holoedern entstehen, welche Flächen wegfallen und welche Durchschnittslinien entstehen, wenn die herrschend werdenden Flächen bei ihrer Erweiterung sich schneiden. So entsteht z. B. ein Tetraeder, wenn vier abwechselnde Flächen des Oktaeders herrschend werden und vier abwechselnde Flächen wegfallen. Ensteht daher aus dem Oktaeder (Fig. 11) ein Tetraeder durch das Herrschendwerden der vier abwechselnden Flächen $v\,q'\,l$, $v'q\,l$, $v\,q\,l'$ und $v'\,q'\,l'$, so entsteht durch die beiden Flächen $v\,q'\,l$ und $v\,q\,l'$ die durch den Punkt v gehende Tetraederkantenlinie als Parallele zu $q\,l'$ und $q'\,l$, durch die Flächen $v\,q'\,l$ und $v'\,q'\,l'$ die durch den Punkt q' gehende Tetraederkantenlinie als Parallele zu $v\,l$ und $v'\,l'$ und durch die Fläche $v\,q'\,l$ und $v'\,q\,l$ die durch den Punkt l gehende Tetraederkantenlinie als Parallele zu $v\,q'$ und $v'\,q$. Ferner entsteht die durch den Punkt v' gehende Tetraederkantenlinie als Parallele zu $q\,l$ und $q'\,l'$ durch die Flächen $v'\,q\,l$ und $v'\,q'\,l'$, die durch den Punkt q gehende Tetraederkantenlinie als Parallele zu $v\,l'$ und $v'\,l$ durch die Flächen $v'\,q\,l$ und $v\,q\,l'$ und schliesslich durch die Flächen $v\,q\,l'$ und $v'\,q'\,l'$ die durch den Punkt l' gehende Tetraederkantenlinie als Parallele zu $v\,q$ und $v'\,q'$. Das so gezeichnete Tetraeder ist für sich das in Fig. 12 dargestellte.

(Min. 282—283.)

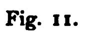


Fig. 11.

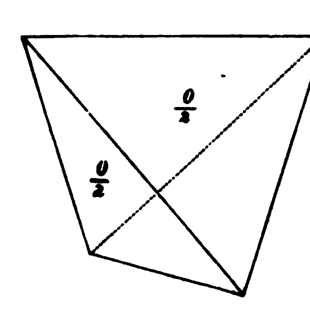
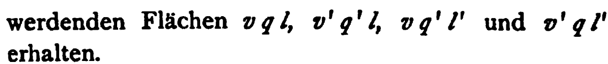
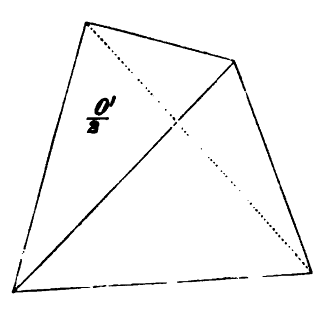


Fig. 12.



Das Gegentetraeder $\frac{O'}{2}$ (Fig. 13) wird in ähnlicher Weise durch die herrschend werdenden Flächen $v\,q\,l$, $v'\,q'\,l$, $v\,q'\,l'$ und $v'\,q\,l'$ erhalten.



(Min. 284.) Fig. 13.

Verbindet man die Mittelpunkte der Flächen eines Tetraeders mit den Scheitelpunkten der den Flächen gegenüberliegenden Ecken, so entstehen dadurch die durch den Mittelpunkt des Tetraeders ungleich getheilten trigonalen Zwischenachsen (vergl. Band II, pag. 313 und 314). Der grössere Theil derselben Zwischenachse ist ein Multiplum des kleineren, im Tetraeder ist $T = 3\,t$. Man hätte daher auch das Tetraeder zeichnen können, wenn man die zu den wegfallenden Flächen des Oktaeders gehörigen trigonalen Zwischenachsen t dreimal so lang gemacht hätte, um T zu erhalten und die Tetraederkanten sind die Verbindungslinien der Endpunkte von T. Man kann daher auch die übrigen tetraedrischen Hemieder auf zweierlei Weise zeichnen, entweder die Erweiterung der Flächen berücksichtigend oder mit Hilfe der ungleich getheilten trigonalen Zwischenachsen, wesshalb (Band II, pag. 314) die Werthe von T als Multipla von t angegeben wurden.

Die Bilder der beiden parallelflächigen Hemieder ergeben sich aus der Entstehungsweise derselben aus ihren Holoedern. Für die Dyakishexaeder als

Hemieder der Tetrakishexaeder sind zunächst die Hauptkantenlinien ihrer Lage nach durch die Achsenendpunkte gezogene Parallelen zu den je zwei Hauptkanten, welche den je zwei Flächen ∞On angehören, welche von den je 4 Flächen der vierzähligen Gruppen herrschend werden. Die Scheitelpunkte der unregelmässigen dreikantigen Ecken ergeben sich als Durchschnittspunkte jener Hauptkantenlinien mit den verlängerten Höhenlinien der je dritten Tetrakishexaederfläche, welche ausser den beiden die Hauptkante bildenden Flächen die unregelmässigen dreikantigen Ecken bildet. Diese Durchschnittspunkte bestimmen die Länge der Hauptkantenlinien und die Verbindungslinien dieser Durchschnittspunkte mit den Scheitelpunkten der holoedrischen sechskantigen Ecken (mit den Endpunkten der trigonalen Zwischenachsen, welche im Hemieder und Holoeder dieselben bleiben) ergeben die unregelmässigen Kanten des zu zeichnenden Dyakishexaeders.

(Fig. 285–286.)

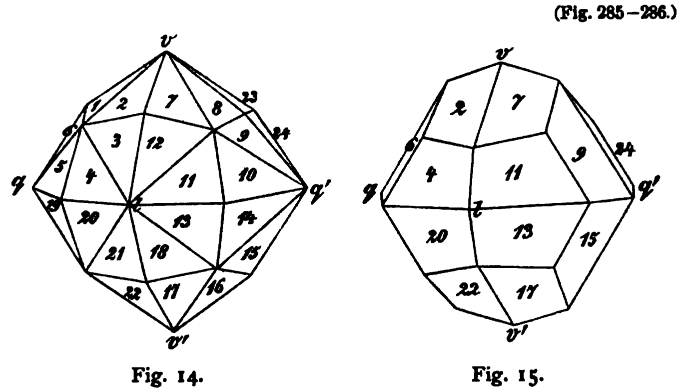


Fig. 14. Fig. 15.

Für die Zeichnung der Trapezikositetraeder endlich, bei denen, wie bei den Dyakishexaedern die rhombischen Zwischenachsen nicht zur Geltung kommen und die trigonalen Zwischenachsen im Holoeder und seinen Hemiedern dieselben sind, ersieht man aus den Figuren 14 und 15, dass es wesentlich darauf ankommt, die Scheitelpunkte der unregelmässigen vierkantigen Ecken zu finden. In Figur 14 sind die 24 sichtbaren Flächen mit Zahlen bezeichnet und in dem Bilde des Hemieders, in Fig. 15 die zum Hemieder gehörigen 12 Flächen mit denselben Zahlen. Da nun durch die Hemiedrie bei dem Endpunkte der Achse l die Flächen 4 und 11 zum Durchschnitt gelangen, wenn die Flächen 3 und 12 wegfallen, so erhält man die Lage der dadurch entstehenden kürzeren symmetrischen Kante, wenn man die in v endende Achse durch den Coefficienten m vervielfacht und den dadurch erhaltenen Endpunkt der verlängerten Achse mit l verbindet. Bei der Verlängerung der durch die Flächen 2 und 7 gebildeten mittleren Kante des Holoeders schneidet diese jene Verbindungslinie und der Durchschnittspunkt ist der Scheitelpunkt der von den Flächen 2, 7, 4 und 11 gebildeten unregelmässigen vierkantigen Ecke des Hemieders. In gleicher Weise erhält man nach Wegfall der Flächen 21 und 18 die Durchschnittslinie der herrschend werdenden Flächen 20 und 13, wenn man die in v' endende Halbachse durch den Coefficienten m verlängert und den erhaltenen Endpunkt von ma mit l verbindet. Diese Verbindungslinie wird von der verlängerten mittleren Kante 22|17 geschnitten und der Durchschnittspunkt ist der Scheitelpunkt der unregelmässigen vierkantigen durch die Flächen 20, 13, 22 und 17 gebildeten Ecke des Hemieders. Die so erhaltenen Scheitelpunkte der unregelmässigen vierkantigen Ecken werden mit den Endpunkten der trigonalen Zwischenachsen durch die unregelmässigen Kanten des Hemieders verbunden und die verlängerten Kanten 2|7 und 22|17 sind längere symmetrische Kanten des Hemieders.

In der angedeuteten Weise verfährt man an den anderen Endpunkten der

Achsen, desgleichen auch, wenn man das Gegenhemieder zu dem in Fig. 15 dargestellten zeichnen will.

Viel einfacher sind die Bilder der einfachen Gestalten in den anderen beiden Systemen mit rechtwinkligen Achsen zu entwerfen, wobei man die für die tesseralen Achsen gewählte Stellung beibehält. Man hat zunächst bei diesen beiden Systemen, dem quadratischen und orthorhombischen die Grundgestalt zu zeichnen, von welcher aus man dann leicht die übrigen einfachen Gestalten erhält.

Im quadratischen Systeme ist wie bekannt die Grundgestalt irgend einer Species eine normale quadratische Pyramide, entweder eine spitze oder eine stumpfe, wenn man sie mit dem Oktaeder, der Grundgestalt der tesseralen Gestalten vergleicht. Da man nun die Stellung der drei quadratischen Achsen, der vertikalen Hauptachse und der beiden horizontalen Nebenachsen mit den tesseralen Achsen übereinstimmend hat, so werden die quadratischen Achsen in der Zeichnung der Grundgestalt sich genau unter denselben Winkeln schneiden, wie in der Zeichnug des Oktaeders, nur werden die drei Achsen, welche bei der Zeichnung des Oktaeders im Verhältnisse 47:45:16 stehen, hier ein durch die Verschiedenheit der Hauptachse verändertes Verhältniss zeigen.

Wenn man auch das Achsenverhältniss einer quadratischen Grundgestalt (s. pag. 330 in Band II.) auf verschiedene Weise numerisch ausdrücken kann, so ist es jedenfalls für die Zeichnung der Grundgestalt am bequemsten, das Achsenverhältniss derselben so zu berechnen, dass die beiden gleichen Nebenachsen = 1 gesetzt werden, wodurch dann die Länge der Hauptachse durch eine irrationale Zahl grösser oder kleiner als 1 auszudrücken ist. Diese Zahl wird für die Berechnung der Gestalten mit 3 bis 6 Decimalen angegeben. So hat z. B. N. v. Kokscharow für den Anatas das Achsenverhältniss $a:b:b$ der Grundgestalt $=1,77713:1:1$ berechnet und wenn man dasselbe mit dem der Achsen des gezeichneten Oktaeders multiplicirt, mit 47:45:16, was 83,52511:45:16 ergiebt, so nimmt man anstatt desselben für die Zeichnung das Verhältniss 84:45:16. Für den Rutil hat N. v. Kokscharow das Achsenverhältniss $a:b:b = 0,64418:1:1$ berechnet und wenn man dasselbe mit dem der Achsen des gezeichneten Oktaeders, mit 47:45:16 multiplicirt, was 30,28116:45:16 ergiebt, so nimmt man anstatt desselben für die Zeichnung das Verhältniss 30:45:16. Die beiden Nebenachsen der zu zeichnenden Grundgestalt haben also dasselbe Verhältniss 45:16 wie die beiden horizontalen Achsen des Oktaeders in der Zeichnung desselben, nur die Hauptachse hat eine andere Länge als die vertikale Achse des Osktaeders.

Von der Zeichnung der Grundgestalt ausgehend, sind die Bilder der abgeleiteten Gestalten leicht zu entwerfen. Stellt so z. B. Fig. 56 von pag. 331, Bd. II die Grundgestalt einer quadratischen Species dar, wobei das durch die Seitenkantenlinien gebildete Rhomboid dem normalen Quadrate entspricht, so erhält man sofort das Bild der diagonalen Pyramide $P\infty$, wenn man durch die Endpunkte der Nebenachsen Parallelen zu denselben zieht, das dem diagonalen Quadrat entsprechende Rhomboid der Seitenkanten bildet. Die Verbindungslinien der Scheitelpunkte desselben mit den Endpunkten der unveränderten Hauptachse bilden die Endkanten der Pyramide $P\infty$ (s. Fig. 57 von pag. 331, Bd. II).

Die Zeichnung jeder anderen normalen oder diagonalen Pyramide mP oder $mP\infty$, als Ableitungsgestalten von P einer bestimmten Species erhält man, wenn man die Hauptachse in P oder in $P\infty$ durch den bezüglichen Coefficienten $m >$ oder < 1 verlängert oder verkürzt und die Endpunkte der verlängerten oder ver-

kürzten Hauptachse mit den Scheitelpunkten der dem normalen oder diagonalen Quadrat entsprechenden Rhomboide verbindet, um die Endkanten zu erhalten, während die Seitenkanten dieselben sind, wie in P oder P∞. Hierbei kann man, um eine grössere Harmonie in den Grössen der Figuren herzustellen, bei den spitzen Pyramiden die Bilder etwas kleiner, bei den stumpten etwas grösser zeichnen.

Das normale und das diagonale quadratische Prisma erfordert nur, dass man für sie als unendliche oder offene Gestalten die Kantenlinien parallel zur Hauptachse durch die Scheitelpunkte der Seitenecken von P oder P∞ zieht und entsprechend begrenzt, wie z. B. durch die Basisflächen (s. Fig. 58 und 59 pag. 332 Band II.)

Für die oktogonalen Pyramiden ist zunächst das symmetrische Oktogon maassgebend, welches für einen gewissen Werth $n > 1$ um das normale Quadrat gezeichnet wird, (s. Fig. 50, pag, 328 in Band II.) wenn man für jeden Quadranten des normalen Quadrates die eine halbe Nebenachse unverändert lässt, die zweite durch n vervielfacht und umgekehrt. Die Verbindungslinien der Endpunkte von b und nb ergeben das bezügliche symmetrische Oktogon. Da nun in dem Bilde der normalen Pyramide P (Fig. 56 v. pag. 331, Bd. II) das durch die Seitenkantenlinien gebildete Rhomboid das normale Quadrat darstellt, so construire man um dieses Rhomboid ein Oktogon in analoger Weise und verbinde die Scheitelpunkte der Oktogonwinkel mit den erforderlichen Endpunkten der Hauptachse. So ist auf die Grundgestalt P (Fig. 56 v. pag. 331, Bd. II) bezogen (Fig. 60 v. pag. 332, Bd. II) das Bild einer oktogonalen Pyramide Pn. Für oktogonale Pyramiden m̆Pn oder m̄Pn hat man dann nur nöthig, die Hauptachse entsprechend dem Werthe m zu verkürzen oder zu verlängern und die so erhaltenen Endpunkte der Hauptachse mit den Scheitelpunkten der Oktogonwinkel zu verbinden, um die Endkantenlinien der stumpferen oder spitzeren oktogonalen Pyramiden zu erhalten. Die Kantenlinien der oktogonalen Prismen sind Parallelen zur Hauptachse durch die Scheitelpunkte der Oktogonwinkel.

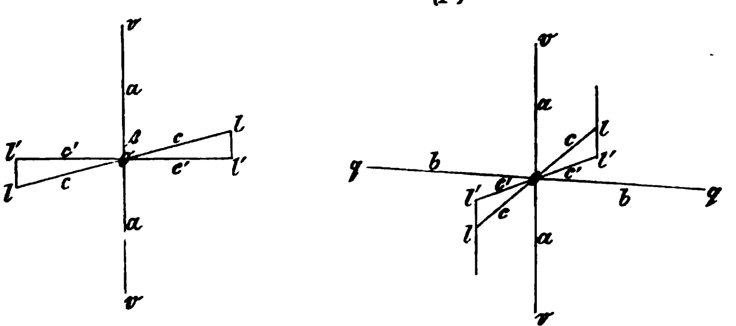
Die Bilder der Hemieder ergeben sich aus der Anwendung des Gesetzes der Hemiedrie durch die Erweiterung der herrschend werdenden Flächen und der dadurch entstehenden Durchschnittslinien.

Viel einfacher als im quadratischen Systeme sind die Bilder der einfachen orthorhombischen Gestalten zu erhalten, wenn man auch hier dieselbe Stellung der Achsen beibehält, wie für das Oktaeder. Die Hauptsache ist die Zeichnung der Grundgestalt P irgend einer orthorhombischen Species. Die drei orthorhombischen Achsen schneiden sich in der Zeichnung derselben wie im Bilde des Hexaeders oder Oktaeders, nur die Längen der Achsen sind andere als dort, werden aber mit den Längen jener in Verbindung gesetzt.

Ist nämlich für irgend eine orthorhombische Species die Grundgstalt ausgewählt worden und das Achsenverhältniss derselben berechnet, wie z. B. für den Schwefel (pag. 64, Band I.) das Verhältniss der Hauptachse zur Querachse zur Längsachse $a:b:c = 2{,}34192:1{,}23196:1$, so multiplicirt man dieses mit dem Verhältniss $47:45:16$ der gezeichneten Oktaederachsen und erhält das Verhältniss $110{,}07024:55{,}42605:16$, wofür man, ohne der Genauigkeit der Zeichnung zu schaden, das kürzere Verhältniss $110:55:16$oder $55:28:8$ nehmen kann, um die Grundgestalt des Schwefels zu zeichnen, da z. B. bei Millimetern die Differenzen äusserst geringe und für das Bild ohne störenden Einfluss sind. Die drei Achsen schneiden sich im Bilde der Grundgestalt P unter denselben Winkeln wie die im Bilde der Oktaeders.

Von dem Bilde der Grundgestalt P ausgehend ergeben sich dann die Bilder aller anderen einfachen Gestalten derselben Species durch die Verlängerung der Achsen vermittelst der Ableitungscoefficienten, wie dieselben im Artikel »Krystallgestalten« angegeben wurden. Die Zeichnung der hemiedrischen Gestalten, der orthorhombischen Sphenoide ist analog der der Tetraeder gegenüber dem Oktaeder.

Auch die Gestalten des klinorhombischen Systems werden auf die Stellung des Hexaeders oder Oktaeders bezogen gezeichnet, nur tritt hier noch der für jede Species charakteristische schiefe Winkel β hinzu, welchen die Hauptachse mit der Längsachse oder die Basisfläche mit der Querfläche oder der basische Hauptschnitt mit dem orthodiagonalen bildet. Aber auch hier ist für jede Species das Bild der Grundgestalt $\left\{\begin{matrix}P\\P'\end{matrix}\right\}$ der Ausgangspunkt für die Bilder der übrigen klinorhombischen Gestalten einer Species.



(Min. 287.) Fig. 16. Fig. 17.

Man geht hierbei davon aus, dass, wenn im klinodiagonalen Hauptschnitt die Hauptachse die Längsachse unter dem charakteristischen Winkel β der bezüglichen Species schneidet (Fig. 16) man die klinorhombische Längsachse c auf eine orthometrische Längsachse c' zurückführt, wenn man durch den Punkt o eine Linie senkrecht auf a zieht und von l aus eine senkrechte ll' auf $l'o$. Dann ist $c' = c \cdot sin\beta$ und $ll' = c \cdot cos\beta$. Ist nun das gefundene Achsenverhältniss der Grundgestalt $\left\{\begin{matrix}P\\P'\end{matrix}\right\}$ $a:b:c$ in Zahlen gegeben, so berechnet man c' und erhält so das orthometrische Achsenverhältniss $a:b:c'$. Diese orthometrischen Achsen $a:b:c'$ zeichnet man nun in derselben Stellung wie die tesseralen Achsen (Fg. 17) und erhält ihre relativen Längen, indem man, wie für die orthorhombische Grundgestalt die Zahlen für a, b und c' mit 47, 45 und 16 multiplicirt und diese Längen einträgt. Nun ist aber wieder dieses orthometrische Achsenskelett der Zeichnung auf die klinorhombische Species zu übertragen, zu welchem Zwecke man von l' aus Parallelen zu a zieht, ll' nach der Formel $ll' = c \cdot cos\beta$ berechnet, die erhaltene Zahl mit 47 multiplicirt und diese Länge $l'l$ auf die Parallelen zu a einträgt und so die Linie ll als die zu zeichnende Längsachse der bezüglichen Grundgestalt erhält. Sind so die Achsen der Grundgestalt ihrer Lage und Länge nach gezeichnet worden, so sind die Verbindungslinien der Achsenendpunkte die Kantenlinien derselben.

Ist z. B. die Grundgestalt $\left\{\begin{matrix}P\\P'\end{matrix}\right\}$ des Lazulith zu zeichnen, so ist das Achsenverhältniss derselben $a:b:c = 1{,}6940:1:0{,}9747$ (NAUMANN-ZIRKEL, Elemente der Mineralogie, 12 Aufl. pag. 543) und $\angle\beta = 88°\,2'$. Dabei ergiebt sich c' (für die orthometrische Zeichnung) $= 0{,}9741$ und $ll' = d$ für die Umänderung in die klinorhombische Zeichnung $= 0{,}03345$. Multiplicirt man nun das Verhältniss $1{,}6940:1:0{,}9741$ mit dem Verhältniss $47:45:16$, so erhält man $79{,}6180:45:15{,}5856$ und $47\,d = 1{,}67215$ oder wenn man $47\,d = 1$ setzt, erhält man $a:b:c' = 47{,}6:26{,}9:9{,}3$. Mit den so erhaltenen Lineargrössen construirt man die Zeichnung der Grundgestalt in der oben angegebenen Weise.

Ist die Grundgestalt einer klinorhombischen Species gezeichnet, so ergeben sich aus ihr die anderen abgeleiteten Gestalten in ähnlicher Art, wie im orthorhombischen Systeme durch die bezüglichen Ableitungscoefficienten.

Auch bei den anorthischen Gestalten kann man von der Zeichnung des Oktaeders ausgehen und in ähnlicher Weise die Lage der beiden vertikalen Hauptschnitte verändern und dann die der Quer- und Längsachse und wenn die Grundgestalt mit ihren Achsenlängen construirt ist, die übrigen ableitbaren Gestalten durch die Ableitungscoefficienten erstellen.

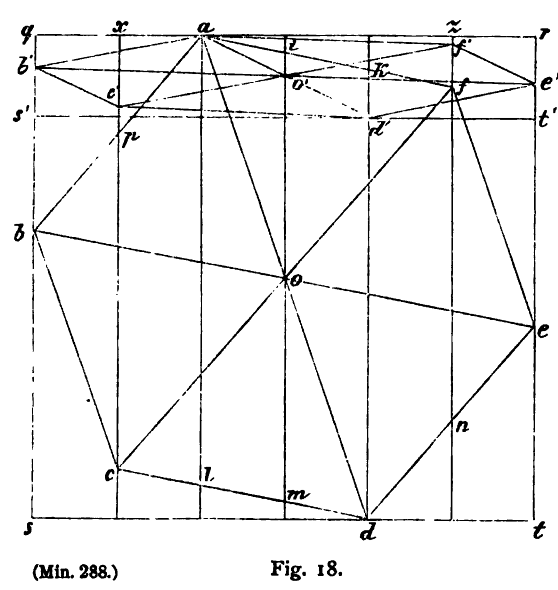
In vielen Fällen, namentlich wegen der Partialgestalten des klinorhombischen und anorthischen Systems und deren Combinationen, die überhaupt noch nicht besprochen wurden, sind auch anstatt solcher Zeichnungen Projectionsbilder, besonders auf eine horizontale Ebene, auf welcher der Krystall mit seiner Hauptachse senkrecht stehend gedacht wird, sehr zweckmässig, deren Anfertigung bei einiger Uebung im Zeichnen geometrischer Gestalten keine grossen Schwierigkeiten bereitet.

Wenn aus dem Vorangehenden ersichtlich ist, dass die Zeichnungen dreiachsiger Gestalten in dem Zusammenhange entworfen werden können, dass sie sich sämmtlich auf die im Eingange erwähnte Zeichnung des Hexaeders in der angegebenen Stellung beziehen und in den anderen Systemen wesentlich die Grundgestalt ins Auge zu fassen ist, deren Achsenlängen und Achsenwinkel in entsprechender Weise gegenüber dem Oktaeder sich als andere herstellen lassen, so können auch nach Umständen andere Bilder entworfen werden. Es handelt sich in vielen Fällen darum, durch eine etwas veränderte Stellung des Hexaeders, der tesseralen Achsen und der damit im Zusammenhange stehenden Veränderung der Stellung bei Zeichnungen der Gestalten anderer Systeme die Bilder entsprechend den bezüglichen Krystallen als deutlichere herzustellen, so dass es durchaus nicht nothwendig erscheint, nur nach einem Princip alle Bilder zu entwerfen. So fand es z. B. NAUMANN im klinorhombischen Systeme oft zweckmässiger, wegen der besondern Ausbildung gewisser Krystalle die Stellung in dem Sinne zu ändern, dass die Längsachse umgekehrt ihr unteres Ende nach rückwärts geneigt zeigt, die Basisfläche daher vom Beobachter abgewendet ist.

Was schliesslich die Bilder der hexagonalen Gestalten betrifft, welche als vierachsige durch ihre drei gleichen Nebenachsen von den dreiachsigen Gestalten abweichen, so pflegt man auch die Bilder der hexagonalen Gestalten wegen dieser Eigenthümlichkeit in besonderer Stellung der Krystalle zu entwerfen.

Wenn nun im tesseralen Systeme für die Zeichnung des Hexaeders dasselbe als auf der Horizontalebene stehendes so von links nach rechts um die vertikale Achse gedreht wurde, dass die vier vertikalen Kanten und die vertikale Achse in 5 der Gesichtsebene parallelen Ebenen liegen, welche gleichweit von einander abstehen, so wird hier das durch die Basisfläche begrenzte hexagonale normale Prisma als auf der Horizontalebene senkrecht stehendes so von links nach rechts um die Hauptachse gedreht, dass (s. W. HAIDINGER's Handbuch der bestimmenden Mineralogie, pag. 63) die 6 vertikalen Prismenkanten und die ihnen parallele Hauptachse in 7 der Gesichtsebene parallelen Ebenen liegen, welche gleich weit von einander abstehen, was einem Drehungswinkel $= 19° 6' 24''$ entspricht. Denkt man sich dieses hexagonale normale Prisma, begrenzt durch die Basisfläche, mit einer seiner Kanten so auf die Horizontalebene gelegt, dass das Hexagon (die Basisfläche) parallel der Projectionsfläche ist und die 6 von den Scheitelpunkten a, b, c, d, e und f ausgehenden Kanten und die von o ausgehende Hauptachse in den 7 gleich-

weit von einander abstehenden und der Gesichtsebene parallelen Ebenen liegen, ähnlich wie (Fig. 1, pag. 495) das Hexaeder mit einer Kante auf die Horizontalebene gelegt wurde, so sieht man das der Projectionsfläche parallele Hexagon, wie in **Fig.** 18 dargestellt ist. Die von den Scheitelpunkten a, b, c, d, e u. f ausgehenden Prismenkanten und die von o ausgehende Hauptachse liegen jetzt horizontal und in den 7 gleichweit von einander abstehenden, der Gesichtsebene parallelen Ebenen. Diese Ebenen sind durch die 7 vertikalen Linien qs bis rt gelegt, die 5 mittleren derselben schneiden die Basisfläche, wie die Linien pc, al, im, kd und fn zeigen, wobei ab im Punkte p und de im Punkte n halbirt, af durch die Punkte i und k, cd durch die Punkte l und m in drei gleiche Theile getheilt werden. Das Oblongum $qrst$ ist jetzt mit dem Quadrat in Fig. 1, pag. 495 zu vergleichen.



(Min. 288.) Fig. 18.

Bei der Zeichnung des Hexaeders wurde nun das Quadrat $ABCD$ mit dem eingezeichneten Quadrat $abcd$ so lange aufwärts bewegt gedacht, bis man es im achten Theil der Breite sieht, hier dagegen wird das Oblongum $qrst$ so lange aufwärts bewegt gedacht, bis man es im 6. Theil der Breite sieht. Ist nun $qs' = \frac{1}{6} qs$ und $rt' = \frac{1}{6} rt$, so ist das Oblongum $qrs't'$ das Projectionsbild des Oblongum $qrst$ und man erhält das Projectionsbild $ab'c'd'e'f'$ des Hexagons $abcdef$, wenn man $qb' = \frac{1}{6} qb$, $xc' = \frac{1}{6} xc$, $zf' = \frac{1}{6} zf$ und $re' = \frac{1}{6} re$ abschneidet und die Linien ab', $b'c'$, $c'd'$, $d'e'$, $e'f'$ und af' zieht. Der Punkt d' entspricht in $s't'$ dem Punkte d in st. Den Diagonalen ad, be und cf entsprechen die Diagonalen ad' $b'e'$ und $c'f'$ und der Mittelpunkt o' dem Mittelpunkte o.

Das Hexagon $ab'c'd'e'f'$ stellt nun die Basisfläche des zu zeichnenden hexagonalen normalen Prisma dar, und man hat nur noch nöthig, für eine Combination ∞P·oP beliebiger Achse die entsprechenden Prismenkanten als gleichlange vertikale Linien in den vertikalen Linien qs bis rt abzuschneiden.

Will man dagegen im Hinblick auf weitere Zeichnungen hexagonaler Gestalten ein hexagonales normales Prisma in Combination mit oP zeichnen, in welchem die Prismenkanten dieselben Längen haben wie die Diagonalen ad, be und cf des Hexagons $abcdef$ in Fig. 18, so ist die Länge dieser Prismenkanten in Fig 19 dadurch zu finden, dass man eine solche Diagonale ad in 6 gleiche Theile theilt, über dieser als Diameter einen Halbkreis beschreibt und in diesem von a aus einen solchen Sechstheil als Sehne einträgt, ihren Endpunkt mit dem Endpunkte d verbindet, so ist die dadurch entstehende längere Kathete des rechtwinkligen Dreiseits die zu zeichnende Länge $b'b''$ der zu zeichnenden Prismenkanten und das Hexagon $a''b''c''d''e''f''$ ist die zu $ab'c'd'e'f'$ parallele untere Basisfläche der Figur.

Verbindet man die Mittelpunkte v und v'' der beiden Basisflächen durch eine gerade Linie, so ist diese die Hauptachse, während die Halbirungspunkte

q, l, (l) q' l' und (l') der vertikalen Kantenlinien b' b'' u. s. f. die Endpunkte der drei Nebenachsen ergeben, deren Längen $q\,q'$, $l\,l'$ und $(l\,l')$ in dem Bilde verschiedene sind, wie es die gewählte Stellung des Prisma erfordert. Verbindet man die Endpunkte der Hauptachse $v\,v''$ mit den Endpunkten der Nebenachsen und die Endpunkte der Nebenachsen untereinander, so erhält man, wie Fig. 19 zeigt, das Bild einer normalen hexagonalen Pyramide, deren Hauptachse in Wirklichkeit gleiche Länge hat wie die Nebenachsen und von welchem Bilde ausgehend man andere hexagonale Gestalten zeichnen kann.

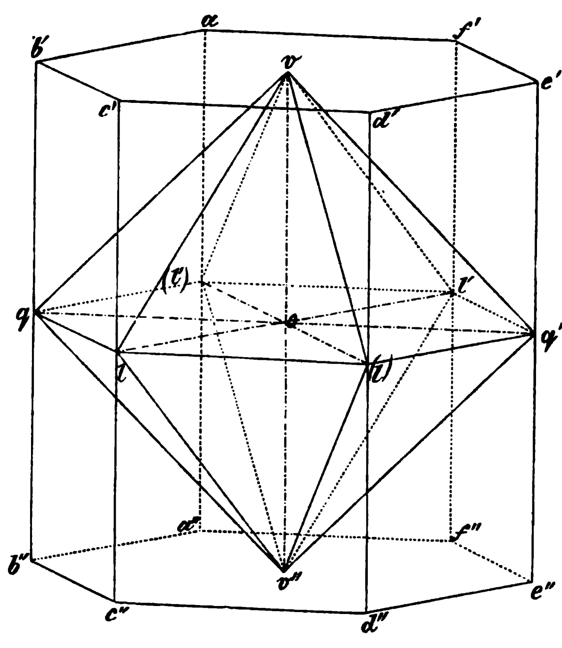


Fig. 19. (Min. 289.)

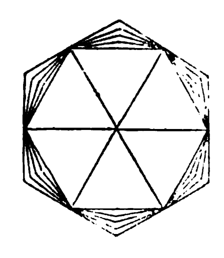
Wie bei dem Bilde des Oktaeders (pag. 497) gezeigt wurde, sind auch hier aus dieser Art, die hexagonale Pyramide mit gleichlangen Achsen zu zeichnen, gewisse Winkel- und Lineargrössen anzugeben, welche die Mühe erleichtern, für eine beliebige Species die Grundgestalt zu zeichnen. Die Hauptachse weicht bei der Anforderung, dass das Prisma so gestellt werde, dass man das Hexagon der Basisfläche im sechsten Theil seiner Breite sieht $9^\circ\ 35'\ 40''$ von der vertikalen Stellung ab. Die Hauptachse, welche in Wirklichkeit mit den Nebenachsen rechte Winkel bildet, bildet im Bilde mit der querliegenden Nebenachse $q\,q'$ die schiefen Winkel $v\,o\,q = 88^\circ\ 9'\ 46''$ und $v\,o\,q' = 91^\circ\ 50'\ 14''$, mit der links längsliegenden Nebenachse $l\,l'$ die schiefen Winkel $v\,o\,l = 100^\circ\ 53'\ 36''$ und $v\,o\,l' = 79^\circ\ 6'\ 24''$ und mit der rechts längsliegenden Nebenachse $(l\,l')$ die Winkel $v\,o\,(l) = 115^\circ\ 41'\ 36''$ und $v\,o\,(l') = 64^\circ\ 18'\ 24''$. Die in Wirklichkeit gleichlangen Achsen oder Halbachsen $v\,o$, $q\,o$, $l\,o$ und $(l)\,o$ stehen hier in dem Längenverhältniss 43:43:29:16, genauer ausgedrückt in dem Längenverhältniss 8,8741:8,8424:6:3,2937, welchem man das erstere vorziehen kann, ohne der Genauigkeit der Bilder zu schaden.

Bei jeder hexagonalen Species ist es erforderlich, die Grundgestalt P zu zeichnen und wenn man dazu die Zeichnung der idealen normalen hexagonalen Pyramide benützt, deren Halbachsen in Wirklichkeit gleichlange sind, so kann man auf zweierlei Weise verfahren. Ist nämlich, wie es meist geschieht, das aus den Kantenwinkeln berechnete Achsenverhältniss so ausgedrückt, dass die Nebenachsen als Einheit aufgefasst, die Länge der Hauptachse durch eine Zahl grösser oder kleiner als 1 ausgedrückt ist, so lässt man in der Zeichnung jener idealen normalen hexagonalen Pyramide die Nebenachsen unverändert und verändert nur die halbe Hauptachse $v\,o$ und $v''o$ in der Art, dass sie als Einheit aufgefasst wird und dafür nun die angegebene Länge der Hauptachse von o aus aufgetragen wird. Ist so z. B. in Naumann-Zirkl's Elementen der Mineralogie 12. Aufl. pag. 548 für Apatit die Länge der Hauptachse bei der Länge der Nebenachsen = 1 durch

0,7346 angegeben, so würde man, diesen Decimalbruch etwas abrundend, dafür 0,75 nehmen und für die entsprechende Zeichnung der Grundgestalt von der Hauptachse *v o* (*v'' o*) in Fig. 19 drei Viertel der Länge bedürfen, um die Grundgestalt des Apatit zu erhalten. Selbstverständlich kann man dann die erhaltene Figur in beliebigem kleinerem Maassstabe zeichnen.

Ebenso gelangt man zur richtigen Figur einer Grundgestalt, wenn man das Achsenverhältniss derselben mit dem oben angegebenen Verhältniss 43:43:29:16 multiplicirt und die erhaltenen Längen für *v o*, *q o*, *l o* und (*l*) *o*, ebenso für *v'' o*, *q' o*, *l' o* und (*l'*) *o* auf den allgemein ihren Winkeln nach gegebenen hexagonalen Achsen einträgt. So würde man für den Apatit nach der Multiplication mit 43:43:29:16 als Längenverhältniss 31,5878:43:29:16 erhalten. Die bezügliche Figur kann man dann nach Belieben verkleinert darstellen.

Ist die Grundgestalt P hergestellt, so ergeben sich die Bilder aller ableitbaren holoedrischen Gestalten aus ihr, ähnlich wie im quadratischen Systeme. Die normalen Pyramiden mP benöthigen nur die bezügliche Verlängerung oder Verkürzung der Hauptachse durch den Coefficienten *m* grösser oder kleiner als 1. Für die diagonale hexagonale Pyramidenreihe ist zunächst das dem gezeichneten normalen Hexagon *a b' c' d' e' f'* entsprechende diagonale Hexagon zu zeichnen. Man hat, dabei die beiden Figuren (Fig. 87 von pag. 378, Bd. II.) und (Fig. 88 von pag. 378, Bd. II.) berücksichtigend, welche das normale und diagonale Hexagon in Wirklichkeit darstellen, aus dem normalen Hexagon *a b' c' d' e' f* das diagonale zu erstellen, indem man durch den Punkt *a* eine Parallele zu der Diagonale zu *f' b'*, durch den Punkt *b'* eine Parallele zu der Diagonale *a c'*, durch den Punkt *c'* eine Parallele zu der Diagonale *b' d'* u. s. f. zieht und wenn man nun dieses diagonale Hexagon entworfen hat, gilt für die Hauptachse die Länge der entsprechenden normalen Pyramide. So ist Fig. 90 v. pag. 379, Bd. II. die diagonale Pyramide P2, wenn Fig. 89 von pag. 379, Bd. II. das Bild der Grundgestalt P ist. Von der Pyramide P2 aus ergeben sich die Bilder der anderen Pyramiden m P2 durch entsprechende Verlängerung oder Verkürzung vermittelst der Coefficienten *m* grösser oder kleiner als 1. Nach Bedürfniss werden die entstehenden Figuren verkleinert oder vergrössert, wenn man sie bezüglich der Grösse in Einklang bringen will. Das normale und diagonale Prisma und die Basisflächen sind ähnlich wie im quadratischen Systeme als offene, durch andere zu begrenzende Gestalten zu zeichnen.



(Min. 290.) Fig. 20.

Für die dodekagonalen Pyramiden und Prismen, welche sich zu den normalen und diagonalen Pyramiden und Prismen so verhalten, wie die oktogonalen Pyramiden und Prismen zu den quadratischen normalen und diagonalen Pyramiden und Prismen, sind die symmetrischen Dodekagone erforderlich, welche, wie Fig. 20 zeigt, um das normale Hexagon durch den Coefficienten *n* ihrer Art nach bestimmt umschriebene Figuren sind und daher in analoger Weise um das gezeichnete normale Hexagon zu construiren sind. Die Verbindungslinien der Scheitelpunkte des jedesmaligen Dodekagon mit den Endpunkten der Hauptachse ergeben dann die Endkanten der dodekagonalen Pyramiden, Parallelen durch diese Scheitelpunkte zur Hauptachse die Kanten der dodekagonalen Prismen.

Die Zeichnungen der hemiedrischen, eventuell der tetartoedrischen Gestalten ergeben sich aus den bezüglichen Gesetzen der Hemiedrie oder Tetartoedrie.

Wenn so z. B. die Rhomboeder mR als Hemieder der hexagonalen Pyramiden m P zu zeichnen sind, so ersieht man, dass durch das Herrschendwerden von 6 abwechselnden Flächen m P die Endkanten des Rhomboeders durch die Erweiterung der je 3 abwechselnden Flächen um den Endpunkt der Hauptachse entstehen, die Seitenkanten des Rhomboeders durch die Durchschnittslinien der je 2 in den Seitenecken der Pyramide gegenüberliegenden Flächen und dass durch die entstehenden End- und Seitenkantenlinien die Scheitelpunkte der Seitenecken gebildet werden. Um diese 6 Scheitelpunkte zu finden, hat man, wie aus den drei Figuren 95, 89 und 96 (Bd. II. pag. 379 und 385) ersichtlich ist, welche (Fig. 95 und 96) die beiden Gegenrhomboeder des Holoeders (Fig. 89) darstellen, nur nöthig, die Seitenkantenlinien der normalen Pyramide zu halbiren und die Halbirungspunkte mit den Endpunkten der Hauptachse zu verbinden. Diese Verbindungslinien bilden die Höhenlinien der Pyramidenflächen. Diese Linien werden in drei gleiche Theile getheilt. Will man nun das links stehende Rhomboeder (Fig. 95) zeichnen, dessen 2 oberen nach vorn liegenden Flächen durch die erste und dritte der oberen nach vorn liegenden Flächen der hexagonalen Pyramide entstehen, dessen nach vorn liegende untere Fläche der mittleren der nach vorn liegenden unteren Pyramidenflächen entspricht, so verlängert man die Höhenlinien der herrschend werdenden Flächen über die in *b b* liegenden Fusspunkte um $\frac{1}{3}$ ihrer Länge und die so entstehenden Endpunkte der so verlängerten Höhenlinien sind die Scheitelpunkte der Seitenecken des Rhomboeders. Die Verbindungslinien dieser Scheitelpunkte mit den Endpunkten der Hauptachse sind dann die Endkantenlinien des Rhomboeders und die Verbindungslinien der erhaltenen Scheitelpunkte der Seitenecken untereinander sind die Seitenkantenlinien des Rhomboeders.

Für das Gegenrhomboeder (Fig. 96) ist die vordere obere Fläche die mittlere obere vordere Pyramidenfläche, sind die beiden vorderen unteren Flächen die erste und die dritte der beiden unteren vorderen Pyramidenflächen· Das weitere Verfahren ist dasselbe. Sticht man dann die Endpunkte der Hauptachse und die Scheitelpunkte der Seitenecken des Rhombeders oder des Gegenrhomboeders ab und zieht die angegebenen Verbindungslinien, so erhält man die beiden Bilder (Fig. 95 und 96) der beiden Gegenrhomboeder für sich.

Rhomboeder diagonaler Stellung als Hemieder hexagonaler Pyramiden diagonaler Stellung, so auch Rhomboeder verwendeter Stellung als Hemieder hexagonaler Pyramiden verwendeter Stellung werden in analoger Weise gezeichnet unter Benützung der Höhenlinien auf die Seitenkanten.

Für die Skalenoeder hat man, wie ihre secundäre Ableitung aus den Rhomboedern dies erfordert, nur nöthig, das bezügliche Rhomboeder zu Grunde zu legen, die Hauptachse durch den Werth *n* zu verlängern und die durch die Verlängerung erhaltenen Endpunkte derselben mit den Scheitelpunkten der Seitenecken des Rhomboeders zu verbinden, wodurch die Endkantenlinien entstehen. Die Seitenkanten des Rhomboeders sind auch die Seitenkanten des von ihm abgeleiteten Skalenoeders.

Die gegebenen Vorschriften zur Zeichnung der am häufigsten vorkommenden einfachen Gestalten genügen, um in die Methode des Zeichnens einzuführen. Für die herzustellenden Bilder der Combinationen, zunächst der binären lassen sich keine, am wenigsten hier allgemeine Vorschriften geben. Man hat hierbei wesentlich zu berücksichtigen, dass die im Artikel »Krystallgestalten« enthaltenen Angaben über die Veränderungen, welche durch das Auftreten einer Krystallgestalt an einer anderen hervorgerufen werden, zur Wegleitung für das Zeichnen

dienen, gerade so, wie sie für die Anfertigung von Modellen dienen. In der Regel ist daher, wenn zwei Gestalten eine Combination bilden, die eine als die vorherrschende zuerst zu zeichnen und dann in dieser Zeichnung die Veränderung vorzunehmen, welche aus der Angabe hervorgeht, wie die combinirte Gestalt an den vorherrschenden gewisse Begrenzungselemente verändert. Diese durch die Angaben: Abstumpfung, Zuschärfung, Zuspitzung und Begrenzung ersichtlichen Veränderungen und die Vorstellung, dass zwei combinirte Gestalten einander bei gleichem Mittelpunkte durchdringen, führen zu der Ausführung der Zeichnungen, die immer einige Ueberlegung erfordern. Es wurde daher im Eingange der tesseralen Combinationen (pag. 319 Band II.) gezeigt, wie aus der Zeichnung (Fig. 26 daselbst) hervorgeht, dass durch das Hexaeder die Ecken des Oktaeders gerade abgestumpft (abgeschnitten) werden. So werden an dem Holzmodell des Oktaeders die Ecken gleichweit von den Endpunkten der Halbachsen abgeschnitten. Dadurch werden durch die entstehenden Hexaederflächen von den je vier Kanten, welche die Ecken bilden, vom Scheitelpunkte der Ecke aus gleiche Stücke abgeschnitten. In der entsprechenden Zeichnung des Oktaeders, in welcher die vier die Ecke bildenden Kanten ungleiche Länge haben, werden diesen Längen entsprechende proportionale Stücke abgeschnitten. Damit aber auch die 6 Ecken in der Zeichnung gleichweit abgeschnitten werden, wie es die theoretische Combination erfordert, müssen von den Scheitelpunkten zweier Ecken aus, welche zu derselben Kante gehören, gleichlange Stücke der Kante abgeschnitten werden.

Hat man so das Bild (Fig. 27 daselbst) erhalten, so kann man in ähnlicher Weise an dem Bilde des Hexaeders (Fig. 1, pag. 282, Band II.) die Combination des Oktaeders durch gerade Abstumpfung der Ecken herstellen (Fig. 3 ebendas.) und durch gleichmässige Vergrösserung der Oktaederflächen bis zur Mittelform beider (Fig. 4, pag. 383 daselbst) gelangen, zu der man auch gelangt, wenn man von dem Bilde (Fig. 5 daselbst) ausgehend, die Hexaederflächen gleichmässig erweitert.

In manchen Fällen kann man auch vorziehen, die untergeordnete Gestalt zuerst zu zeichnen. Ist z. B. am Oktaeder die Zuschärfung der Kanten herzustellen (Fig. 30, pag. 320, Band II), so ist es leichter, an dem Bilde des Triakisoktaeders 2O, (Fig. 4, pag. 300 Band II) die dreikantigen Ecken desselben gerade abzustumpfen und diese Abstumpfungsflächen gleichmässig zu erweitern, bis die Oktaederflächen die vorherrschenden geworden sind. Weiter auf die Combinationen einzugehen, gestattet der Raum nicht und es sollten nur diese kurzen Angaben andeuten, wie man im Allgemeinen zu verfahren habe. Ausführliche Angaben findet man im II. Bande von C. F. NAUMANN's Lehrbuche der reinen und angewandten Krystallographie in dem Abschnitt »von der Zeichnung der Krystallformen« pag. 390 ff.

Zeitrechnung, geologische

siehe am Schluss des Bandes.

Zeolithe

von

Professor Dr. **Kenngott.**

Schon frühzeitig wurden die Zeolithe als eine Gruppe eigenthümlicher wasserhaltiger Silicate vereinigt, welche in jeder Beziehung diese Vereinigung rechtfertigen. Sie sind durchweg als krystallinische Species häufig krystallisirt zu finden, nur zeigen im Allgemeinen die Krystalle keinen besonderen Reichthum an Flächen. Im Aussehen vollkommen unmetallisch sind sie sämmtlich wesentlich farblos bis weiss, nur unwesentlich gefärbt, haben vorwaltend glasartigen, oft perlmutterartigen Glanz, sind durchsichtig bis undurchsichtig und haben weissen, selten wenig gefärbten Strich (in Folge von Beimengungen). Ihre Härte ist unter 7 und das spec. Gewicht ist in der Regel ein niedriges, 1,9—2,5, selten etwas höher. In ihrer Zusammensetzung sehr mannigfaltig stellen sie fast immer Silicate dar, welche ausser Wasser und Kieselsäure Thonerde und eine andere Basis RO oder R_2O, auch zwei, selten mehr enthalten. Von den Basen RO ist die in der Mehrzahl der Species enthaltene die Kalkerde, selten findet sich Baryterde oder Strontia, von den Basen R_2O ist in wenigen Natron wesentlicher Bestandhteil, Kali untergeordnet und in einer sehr seltenen Species (dem Pollux) Cäsiumoxyd wesentlich. In der Regel ist auf ein Molecul Al_2O_3 ein Molecul der anderen Basis RO oder R_2O enthalten und wenn zwei oder mehr solche Basen vorkommen, so ist das Sauerstoffverhältniss der Basen zusammen zu Thonerde 1:3. Sehr wenige Species enthalten überhaupt keine Thonerde und nur bei einer Species, dem Datolith, ist Borsäure an Stelle der Thonerde vorhanden.

In Säuren sind sie auflöslich und die Kieselsäure wird bei Anwendung der Salzsäure ausgeschieden, oft als gelatinöse, oder als schleimige oder als pulverulente. Sie sind v. d. L. schmelzbar, meist leicht bis sehr leicht, oft mit Aufblähen oder Aufschäumen, wesshalb schon CRONSTEDT 1756 den Namen Zeolith (von dem griechischen *zeein*, kochen, sieden) gab. Im Kolben erhitzt geben sie sämmtlich Wasser ab. Bemerkenswerth ist, dass manche Zeolithe einen Theil des Wassers verlieren und verwittern und DAMOUR fand, dass einzelne schon in trockener Luft Wasser verlieren, in feuchter Luft dagegen wieder Wasser aufnehmen.

Sie entstehen meist in Folge von Zersetzung anderer Silicate und setzen sich aus wässerigen Lösungen ab, wesshalb sie gewöhnlich in der Art des Vorkommens übereinstimmen, indem sie als Bekleidung oder Ausfüllung von Hohlräumen in blasigen Gesteinen vorkommen oder in Klüften, Spalten, Nestern, Drusen, auf Gängen, selbst Lagern, dagegen nicht als ursprünglicher Gemengtheil von Silicatgesteinen, sondern bisweilen nur in solchen in Folge von Zersetzung wesentlicher Gemengtheile.

Als Beispiele von Zeolithen sind nachfolgende anzuführen:

1. Der Apophyllit.

Derselbe krystallisirt quadratisch, die Grundgestalt P als spitze quadratische Pyramide hat im Mittel die Endkanten $= 104° 29'$ und die Seitenkanten $= 120°$ und es wurden bei dem letzteren Schwankungen von $119° 12'$ bis $121° 7'$ gefunden. Die Krystalle sind entweder pyramidal durch P, woran oft untergeordnet das diagonale Prisma (Fig. 1), dazu auch die Basisflächen, sowie das oktogonale Prisma $\infty P2$ in Combination auftreten. Durch Vorherrschen von $\infty P \infty$ werden

die Krystalle prismatisch, bei einiger Verkürzung der Combination $\infty P \infty \cdot oP \cdot P$ erinnern sie an die tesserale Combination des Hexaeders mit dem Oktaeder und durch Vorherrschen der Basisflächen werden sie bis dünn tafelartig. Ausser krystallisirt findet er sich bisweilen derb in Aggregaten mit krystallinisch-körniger, körnig-blättriger bis schaliger Absonderung. Er ist vollkommen basisch spaltbar, unvollkommen prismatisch nach $\infty P \infty$ und der Bruch ist uneben bis unvollkommen muschlig. Er ist farblos bis weiss, bisweilen wenig gefärbt, rosenroth, grünlich oder gelblich bis bräunlich, graulich und blaulich, glasglänzend, auf den Basisflächen und den ihnen entsprechenden Spaltungsflächen perlmutterartig, ist durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 4,5—5,0 und spec. Gew. = 2,2—2,4.

(Min. 291.)

Fig. 1.

Er ist wesentlich ein wasserhaltiges Kalkerde-Silicat $CaO \cdot SiO_2 + 2H_2O \cdot SiO_2$ und enthält auf 4 Molecule desselben noch 1 Molecul KF, wonach die Berechnung 24,7 % Kalkerde, 53,0 % Kieselsäure, 15,9 % Wasser 4,3 Kalium und 2,1 Fluor ergiebt. Im Kolben erhitzt wird er weiss, matt und undurchsichtig und giebt reichlich Wasser ab; v. d. L. blättert er sich mehr oder weniger auf (daher der Name Apophyllit von dem griechischen »*apophyllizein*«, aufblättern) und schmilzt unter Aufblähen zu weissem blasigen Email. Im Glasrohre mit Phosphorsalz erhitzt giebt er schwache Fluorreaction. Pulverisirt ist er in Salzsäure leicht auflöslich, schleimige Kieselsäure abscheidend. Er verwittert bisweilen durch Verlust von Wasser unter Anfnahme von Kohlensäure (der sogen. Albin von Aussig in Böhmen).

Als Fundorte sind beispielsweiss Andreasberg am Harz, Utoë in Schweden, Kongsberg in Norwegen, Orawicza und Cziklowa im Banat, Freiberg in Sachsen, Aussig und Daubitz in Böhmen, Poonah in Ost-Indien (hier besonders grosse hexaederähnliche Krystalle), Island, Disco-Insel bei Grönland, die Faröer-Inseln und das Fassathal in Tyrol anzuführen.

Interessant ist der seltene Okenit von Island, den Faröern und von der Disco-Insel, welcher das Silicat des Apophyllit ohne Fluorkalium darstellt, orthorhombisch krystallisirt, gewöhnlich aber nur schalig, stenglig bis fasrig ausgebildet ist.

Als wasserhaltiges Kalkerde-Silicat mit Natron ist noch der Pektolith vom Monte Baldo und vom Monzoniberge in Tyrol, von Bergenhill in New-Jersey, von der Insel Skye, Ratho bei Edinburgh und anderen Orten in Schottland anzuführen, welcher der Formel $H_2Na_2Ca_4O_6.Si_6O_{12}$ entspricht und klinorhombisch krystallisirt. Die Kryatslle gleichen denen des Wollastonit mit gleicher Spaltbarkeit, gewöhnlich aber findet er sich radialstenglig bis fasrig, bei Ballantrae in Ayrshire in Schottland bis 3 Fuss lange fasrige Aggregate bildend. Er ist graulich- bis grünlichweiss, glas-, perlmutterartig- bis seidenglänzend, hat H. = 5 und spec. Gew. = 2,74—2,88. V. d. L. ist er leicht schmelzbar zu weissem durchscheinendem Glase, mit Phosphorsalz geschmolzen bildet er ein Kieselskelett und ist in Salzsäure löslich, schleimige Kieselsäure abscheidend, dagegen gallertartige Kieselsäure, wenn er vorher geglüht oder geschmolzen wurde.

2. Der Desmin und Stilbit.

Diese beiden verschiedenen Species wurden früher gemeinschaftlich von Hauy Stilbit genannt, bis Breithaupt die eine orthorhombisch krystallisirende Species Desmin nannte, wonach für die andere klinorhombisch krystallisirende

der Name Stilbit verblieb, dagegen wird auch oft das von BREITHAUPT als Desmin getrennte Mineral Stilbit genannt und dann der klinorhombische Stilbit Heulandit, wodurch der Name Stilbit immer zu einiger Verwechselung Veranlassung giebt. Beide sind in der Zusammensetzung sehr nahe verwandt, wenn nicht identisch, wodurch dann Desmin und Stilbit als dimorphe Species aufzufassen sind.

Der Desmin wurde bisher, wie oben bereits bemerkt ist, für orthorhombisch krystallisirt angesehen, indem die Krystalle desselben gewöhnlich, wie Fig. 2 zeigt, bei der Annahme orthorhombischer Ausbildung die Combination der Längs- und Querflächen mit der Begrenzung durch die orthorhombische Pyramide P darstellen, deren Endecken oft durch die Basisfläche gerade abgestumpft sind. Bisweilen sind auch die Combinationkanten der Quer- und Längsflächen durch das Prisma ∞P abgestumpft. Bei dieser Auffassung der Krystallgestalten sind nach BROOKE die Winkel der sichtbaren Endkanten der Pyramide P $119^\circ 15'$ und $114^\circ 0'$, der Seitenkantenwinkel dagegen ist $= 96^\circ 0'$, während für das Prisma der stumpfe Kantenwinkel $= 94^\circ 15'$ gefunden wurde. Dagegen wurde von A. v. LASAULX (Zeitschrift für Krystallographie II, 576) die Ansicht geltend gemacht, dass die für Einzelnkrystalle gehaltenen Krystalle nicht solche sind, sondern klinorhombische Zwillinge, welche als solche scheinbar orthorhombische Krystalle darstellen. Bei dieser Auffassung bilden die klinorhombischen Individuen nach ihrer Längsachse lang gestreckt die Combination $oP \cdot \infty P\breve{\infty} \cdot \infty P \cdot P'\bar{\infty}$ und mit ihrer Basis verwachsen basische Contactzwillinge, welche früher für orthorhombische Krystalle gehalten wurden. Die früheren Querflächen sind bei dieser Deutung der Gestalten jetzt als die Basisflächen aufzufassen, die Längsflächen als Längsflächen und die früheren Pyramidenflächen sind jetzt Prismenflächen ∞P, das frühere Prisma wäre jetzt das Längsdoma $P\breve{\infty}$ und die frühere Basisfläche das hintere Querhemidoma $P'\bar{\infty}$. Auch wurden die Kantenwinkel von den früheren Angaben etwas abweichend gefunden, zumal die Winkelbestimmungen der Desminkrystalle immer mit Schwierigkeiten verbunden sind.

(Min. 292.)

Fig. 2.

Die Krystalle nämlich des Desmin, gleichviel ob sie als orthorhombische Einzelnkrystalle oder als klinorhombische Contactzwillinge aufgefasst werden, zeigen eine ganz besondere Tendenz zu polysynthetischer Bildung, indem grössere Krystalle aus vielen kleineren homolog gestellten zusammengesetzt erscheinen und bei dieser Verwachsung vieler kleinen Individuen dieselben in der Richtung der früheren Hauptsachen nach ihrem Ende divergiren, wodurch garben- oder büschelförmige Gruppen gebildet werden. Desshalb nannte A. BREITHAUPT nach dem griechischen »*desme*« Büschel das Mineral Desmin. In Folge weiterer Anhäufung kleiner Individuen entstehen halbkugelige bis kugelige Gestalten mit radialstengliger bis fasriger Bildung im Inneren und durch solche halbkugelige Gebilde Ueberzüge auf Gesteinsklüften oder anderen Mineralen. Ausserdem findet er sich als Ausfüllung von Hohlräumen und Klüften krystallinisch-blättrige, schuppig-körnige, stenglige bis fasrige Aggregate bildend. Er ist ziemlich vollkommen spaltbar parallel den Längsflächen, ist spröde, hat H. $= 3{,}5$—$4{,}0$ und spec. Gew. $= 2{,}1$—$2{,}2$. Er ist meist weiss, selten farblos, unwesentlich grau, gelb, braun, oder roth gefärbt, hat wachsartigen Glasglanz, auf den Längs- und den ihnen entsprechenden Spaltungsflächen perlmutterartigen Glanz und ist mehr oder weniger durchscheinend.

Nach der Formel $CaO \cdot Al_2O_3 + 6(H_2O \cdot SiO_2)$ zusammengesetzt enthält er

8,94 % Kalkerde, 16,37 % Thonerde, 57,45 Kieselsäure und 17,24 Wasser. V. d. L. schmilzt er nach starkem Aufblähen zu blasigem emailartigem weissem Glase, in concentrirter Salzsäure wird er zersetzt, schleimige Kieselsäure hinterlassend.

Er findet sich in Blasenräumen aphanitischer Mandelsteine, des Basalt und Dolerit, auf Erzlagern, Gängen und in Klüften verschiedener krystallinischer Silicatgesteine und als Fundorte sind beispielsweise Island, die Faröer-Inseln, Nova Scotia, Poonah in Ost-Indien, das Fassathal in Tyrol, Arendal und Kongsberg in Norwegen, Rezbanya in Ungarn, Orawicza im Banat, Andreasberg am Harz, Striegau in Schlesien, das Etzli- und Rienthal im Canton Uri, der Culm de Vi in Graubünden und der Viescher Gletscher in Wallis in der Schweiz anzuführen.

Der Stilbit (Heulandit) krystallisirt klinorhombisch und bildet durch die Combination der Längsflächen mit den Quer- und Basisflächen und dem hinteren Querhemidoma $P'\bar{\infty}$ (Fig. 3) sechsseitige Tafeln mit geraden Randflächen, welche auch durch Ausdehnung nach der Querachse sechsseitig prismatisch werden und durch die Längsflächen begrenzt sind. Die Basisflächen sind gegen die Querflächen unter 116° 20', gegen das hintere Querhemidoma unter 114° 0' geneigt, die Flächen des letzteren gegen die Querflächen unter 129° 40'. Auch finden sich noch untergeordnet andere Gestalten, wie die hintere Hemipyramide $2P'$, die Combinationsecken von $\infty P\bar{\infty}$, $\infty P\breve{\infty}$ und $P'\bar{\infty}$ abstumpfend, gegen die Längsflächen unter 111° 58' geneigt, die hintere Hemipyramide $\frac{4}{5}P'$, die Combinationsecken von oP, $P'\bar{\infty}$ und $\infty P\breve{\infty}$ abstumpfend, das Längsdoma $2P\breve{\infty}$ an dünnen tafelartigen Krystallen an Stelle der Basisflächen, eine auf die Längsflächen aufgesetzte Zuschärfung bildend mit dem Endkantenwinkel = 98° 44'. Auch kommt er derb mit krystallinisch-blättriger, strahliger bis fasriger Absonderung vor. Er ist vollkommen parallel den Längsflächen spaltbar.

(Min. 298.)

Fig. 3.

Er ist farblos bis weiss, auch grau, gelb, braun oder roth gefärbt, glasglänzend, auf den Längs- und den ihnen entsprechenden Spaltungsflächen perlmutterglänzend, der fasrige seidenartig, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 3,5—4,0 und spec. Gew. = 2,1—2,2. In der Zusammensetzung steht er dem Desmin sehr nahe und wurde früher für gleich zusammengesetzt gehalten, dann aber wurden in ihm nur $5H_2O$ auf Grund mehrfacher Analysen angenommen, wogegen die neuesten Analysen von JANNASCH wieder $6H_2O$ wie im Desmin ergaben, so dass Desmin und Stilbit gleich zusammengesetzt sind und ihre Substanz dimorph ist. V. d. L. blättert und bläht er sich stark auf und schmilzt zu blasigem, weissem glasartigen Email; in Salzsäure wird er zersetzt, schleimiges Kieselpulver abscheidend. Im Vorkommen verhält er sich wie Desmin und findet sich meist auch an denselben Fundorten.

Nahestehend ist der sehr seltene Epistilbit, welcher zuerst auf Island gefunden und für orthorhombisch gehalten wurde, nach neueren Bestimmungen klinorhombisch, aber verschieden von Stilbit krystallisirt, in der Zusammensetzung sich jedoch von Desmin und Stilbit dadurch unterscheidet, dass er $5H_2O$ auf $1CaO$, $1Al_2O_3$ und $6SiO_2$ enthält. Zu ihm soll auch der isländische Parastilbit zu rechnen sein, während der Hypostilbit und der Sphärostilbit von den Faröer-Inseln zum Desmin zu gehören scheinen. Bemerkenswerth ist auch der seltene Brewsterit von Strontian in Schottland und vom Riesendamm in Irland, welcher klinorhombisch, aber nicht übereinstimmend mit Epistilbit krystal-

lisirt, dagegen in der Zusammensetzung demselben gleicht, nur dass er anstatt der Kalkerde wesentlich Strontia und Baryterde enthält.

3. Der Harmotom und Phillipsit.

Diese beiden in der Krystallisation verwandten Species, welche aber in der Zusammensetzung verschieden sind, sind wasserhaltige Silicate, welche neben der Thonerde Baryterde (der Harmotom) oder Kali mit Kalkerde (der Phillipsit) enthalten, wesshalb auch der letztere wegen der Aehnlichkeit in der Krystallisation Kaliharmotom oder Kalkharmotom gegenüber dem Barytharmotom genannt wurde.

Der Harmotom (Barytharmotom, auch Kreuzstein genannt) durch seine Zwillingsbildung ausgezeichnet, in Folge welcher die zusammengefügten Individuen sich durchschneiden, daher Harmotom genannt, von den griechischen Worten »*harmozein*« zusammenfügen und »*temnein*« schneiden, wurde früher für orthorhombisch gehalten. Seine Krystalle in der einfachsten Ausbildung (Fig. 4) wurden als Penetrationszwillinge angesehen mit gemeinschaftlicher Hauptachse und rechtwinkelig sich kreuzenden gleichnamigen Nebenachsen. Die Einzelnkrystalle bilden bei dieser Auffassung, ähnlich den Desminkrystallen die Combination der Längs- und Querflächen, begrenzt durch eine Pyramide, deren Endkantenwinkel $= 121°\,6'$ und $119°\,4'$ angegeben wurden. Die vierflächige durch die ineinander greifenden Pyramidenflächen gebildete vierflächige Zuspitzung zeigt die begrenzenden Flächen federartig gestreift, weil die Pyramidenflächen der Einzelnkrystalle parallel den Combinationskanten mit den Querflächen gestreift sind. Die Querflächen sind rhombisch gestreift parallel denselben Combinationskanten, die Längsflächen glatt oder horizontal gestreift. Auch zeigt sich noch oft ausser P an den Enden das Längsdoma $P\breve{\infty}$.

(Min. 294.)

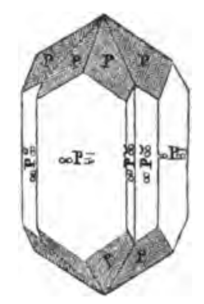


Fig. 4.

A. DES CLOIZEAUX wies nun nach, dass die vermeintlichen zu den so gestalteten Zwillingen verbundenen Einzelnkrystalle nicht solche sind, sondern ähnlich, wie oben bei Desmin angegeben wurde, klinorhombische basische Zwillinge sind und dass die Einzelnkrystalle dieser nach der Längsachse gestreckte Combinationen der Basis- und Längsflächen mit dem Prisma ∞P sind. Bei dieser Auffassung sind die früheren orthorhombischen Querflächen jetzt die klinorhombischen Basisflächen. die Längsflächen bleiben Längsflächen und die früheren Pyramidenflächen bilden das Prisma. Zwei solche basische Zwillinge bilden also jetzt einen Penetrationsvierling, den früheren Zwilling. Basische Zwillinge, ohne Vierlinge zu bilden, wurden schon früher beobachtet und von THOMSON Morvenit genannt. Selten finden sich weitere complicirtere Verwachsungen der Vierlinge. Die Spaltbarkeit ist in Folge der Durchkreuzung unvollkommen, parallel den früheren Quer- und Längsflächen, den jetzigen Basis- und Längsflächen, nach den ersteren etwas deutlicher. Der Bruch ist uneben bis unvollkommen muschlig.

Der Harmotom ist farblos bis weiss, hell graulich-, gelblich- oder röthlichweiss, bisweilen bis blass gelb, roth oder braun gefärbt, glasglänzend, halbdurchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. $= 4{,}5$ und spec. Gew. $= 2{,}4-2{,}5$. Er ist wesentlich ein wasserhaltiges Baryt-Thonerde-Silicat, mit wechselnden geringen Mengen von Kali, Natron und Kalkerde und kann, wenn man nur die wesentlichen Bestandtheile berücksichtigt, durch die Formel $BaO \cdot Al_2O_3 +$

$5(H_2O \cdot SiO_2)$ ausgedrückt werden, welche 23,72 % Baryterde, 15,81 Thonerde, 13,95 Wasser und 46,51 Kieselsäure erfordert.

V. d. L. ist er ohne Aufwallen etwas schwierig zu weissem durchscheinendem Glase schmelzbar, in Salzsäure als Pulver löslich, die Kieselsäure als pulverulente hinterlassend. — Er findet sich auf Erzgängen in krystallinischen Schiefern und in der Uebergangsformation, wie bei Andreasberg am Harz, Kongsberg in Norwegen, Strontian in Schottland (hier der sogen. Morvenit) und Rudolstadt in Schlesien, oder in Blasenräumen aphanitischer Mandelsteine und basaltischer Gesteine, wie bei Oberstein im Nahethal, bei Eschwege und Giessen in Hessen, Sirgwitz bei Löwenberg in Schlesien u. a. O.

Der Phillipsit (Kalk- oder Kaliharmotom) stimmt in der Krystallisation mit dem Harmoton überein, dieselben früher für orthorhombische Krystalle gehaltenen basischen Zwillinge, dieselben Kreuzzwillinge derselben bildend, auch Verwachsungen dreier solcher Kreuzvierlinge, wobei sich die Längsachsen derselben, die früheren Hauptachsen der vermeintlichen Zwillinge wie drei orthorhombische Achsen unter rechten Winkeln schneiden. Bei Verkürzung der Längsachsen entstehen durch solche Zwölflinge nahezu Gestalten, welche an das Rhombendodekaeder erinnern. Spaltbarkeit und Bruch wie bei Harmoton, dem er auch in Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit und Härte gleicht, nur ein etwas geringeres spec. Gew. zeigt, = 2,15—2,20.

In der Zusammensetzung ist er zunächst vom Harmotom dadurch verschieden, dass er wesentlich anstatt der Baryterde Kalkerde und Kali und Natron in wechselnden Mengen enthält, dagegen aber ausser der Thonerde relativ weniger Kieselsäure und Wasser (nicht procentisch, weil im Harmotom die procentische Menge der Baryterde darauf Einfluss hat). C. Rammelsberg hat daher aus den nicht unerheblich schwankenden Resultaten der Analysen geschlossen, dass, wenn man die Basen RO und R_2O als Einheit zusammenfasst, diesen $1 Al_2O_3$, $4H_2O$ und $4SiO_2$ entspricht, während im Harmotom wesentlich $1 BaO$, $1 Al_2O_3$, $5H_2O$ und $5SiO_2$ enthalten sind. Da jedoch RO und R_2O nicht als isomorphe Basen aufzufassen sind, beide Minerale aber entschieden isomorph sind, so scheint im Phillipsit ein in der Formel mit Harmatom übereinstimmendes wasserhaltiges Kalkthonerde-Silicat mit einem wasserhaltigen Kali- (Natron-) Thonerde-Silicat mit weniger Wasser und Kieselsäure in wechselnden Mengen verbunden zu sein, welche beiden Silicate als isomorphe wechselnde Glieder des Phillipsit aufzufassen wären.

V. d. L. schmilzt der Phillipsit mit mehr oder weniger geringem Aufblähen zu weissem durchscheinendem Glase und ist in Salzsäure löslich, meist gelatinöse Kieselsäure abscheidend. Als Fundorte sind beispielsweise der Capo di Bove bei Rom, der Vesuv, Aci Casello und Palagonia in Sicilien, Dyrafjord in Island, Antrim in Irland, der Stempel bei Marburg, Annerod bei Giessen, Nidda im Vogelsgebirge, Limburg bei Sasbach am Kaiserstuhl, der Hauenstein bei Salesl in Böhmen, der Wingendorfer Steinberg bei Lauban in Schlesien und Richmond in Victoria in Australien zu nennen.

4. der Laumontit.

Derselbe krystallisirt klinorhombisch, bildet prismatische Krystalle durch das Prisma ∞P 86° 16′, begrenzt gewöhnlich durch das vordere Querhemidoma $P\bar{\infty}$, welches gegen die Prismenflächen unter 113° 30′ und 66° 30′ und gegen die klinodiagonalen Prismenkanten unter 125° 41′ geneigt ist; auch findet sich daran das hintere Querhemidoma $P'\bar{\infty}$, welches gegen diese Kanten unter

111° 14′ geneigt ist. Ausser krystallisirt kommt er auch körnig-stenglige Aggregate bildend vor. Er ist deutlich spaltbar parallel dem Prisma ∞P, in Spuren parallel den Quer- und Längsflächen. Er ist farblos bis weiss, auch graulich-, gelblich oder röthlichweiss, perlmutterglänzend auf den prismatischen Spaltungsflächen, durchsichtig (selten) bis kantendurchscheinend, der verwitterte undurchsichtig, ist wenig spröde, hat H. = 3,0—3,5 und spec. Gew. = 2,25—2,35. Als wasserhaltiges Kalkthonerde-Silicat entspricht er der Formel $CaO \cdot Al_2O_3 + 4(H_2O \cdot SiO_2)$ mit 11,92 ‰ Kalkerde, 21,70 Thonerde, 51,06 Kieselsäure und 15,32 Wasser und hat eine besonders starke Tendenz durch Verlust von Wasser zu verwittern, wobei er weiss und undurchsichtig wird und schliesslich zerfällt. V. d. L. anschwellend schmilzt er leicht zu weissem Email, welches bei starker Erhitzung etwas klarer wird. In Salzsäure ist er leicht löslich, die Kieselsäure als gelatinöse Masse abscheidend. — Als Fundorte sind unter vielen beispielsweise zu nennen: Huelgoët in der Bretagne, Dumbarton in Schottland, das Sarn- und Stillupthal in Tyrol, der Plauensche Grund bei Dresden, das Etzlithal im Canton Uri und Merlingen am Thuner See in der Schweiz, Monte Catini in Toscana, Eule und Litschwitz in Böhmen, Mora Stenar bei Upsala, die Insel Skye, Island und die Faröer Inseln.

5. Der Skolezit (Mesotyp, Kalkmesotyp, Faserzeolith).

Diese früher gemeinschaftlich mit dem Natrolith (s. pag. 518) Mesotyp genannte Species, welche später wegen ihrer klinorhombischen Krystallisation von dem orthorhombischen Natrolith und wegen der verschiedenen Zusammensetzung getrennt wurde, ist als wasserhaltiges Kalkthonerde-Silicat nach der Formel $CaO \cdot Al_2O_3 + 3(H_2O \cdot SiO_2)$ zusammengesetzt und enthält wesentlich 14,3 ‰ Kalkerde, 26,0 Thonerde, 45,9 Kieselsäure und 13,8 Wasser, oft eine geringe Menge von Natron. Die Krystalle sind dünne und lange prismatische bis nadelförmige, gebildet durch das Prisma ∞P 91° 35′ und begrenzt durch die stumpfe klinorhombische Pyramide $\left(\frac{P}{P'}\right)$, welche der orthorhombischen P des Natrolith täuschend ähnlich ist, indem die klinodiagonalen Endkantenwinkel der vorderen = 144° 40′ und die der hinteren Hemipyramide = 144° 20′ sind. Auch finden sich bisweilen die Längsflächen $\infty P\breve{\infty}$ als gerade Abstumpfung der orthodiagonalen (schärferen) Kanten des Prisma. Die Krystalle bilden fast immer Contactzwillinge nach $\infty P\bar{\infty}$, wodurch auf den Längsflächen die geradlinige Zwillingsgrenze durch eine federartige feine Streifung sichtbar wird. Ausser krystallisirt findet er sich krystallinisch-dünnstenglig bis fasrig, meist mit radialer Anordnung der Stengel bis Fasern.

Bemerkenswerth ist, dass nach O. LÜDECKE sich auch anorthische Krystalle finden, welche den orthorhombischen täuschend ähnlich sind, sich aber durch geringe Unterschiede in den Winkeln und durch das optische Verhalten als anorthische erkennen lassen.

Der Skolezit ist deutlich prismatisch spaltbar, farblos bis weiss, auch graulich-, gelblich- und röthlichweiss, glasglänzend, der faserige seidenartig, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde und leicht zerbrechlich, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,2—2,4. V. d. L. krümmen sich die Nadeln wurmförmig (daher der Name von dem griechischen »*skoliazein*« krumm sein) und schmelzen leicht zu schaumigem bis blasigem Glase. In Salz- oder Salpetersäure ist er vollständig löslich, Kieselgallerte bildend, in welcher Lösung sich bei Zusatz von wenig Schwefelsäure feine Gypsnadeln bilden. Er ist auch in Oxalsäure löslich, oxal-

saure Kalkerde abscheidend. Das häufig vorkommende Mineral findet sich beispielsweise auf Island, den Faröern, auf Staffa, in der Auvergne, bei Poonah in Ost-Indien (von hier Poonahlith genannt) sehr schön ausgebildet (nach O. LÜDECKE anorthisch), am schattigen Wichel über der Fellinen Alp am Bristenstock im Canton Uri in der Schweiz.

6. Thomsonit (Comptonit).

Derselbe krystallisirt orthorhombisch und bildet die Combination der Quer- und Längsflächen mit dem Prisma ∞P 90° 26—40′, begrenzt durch ein sehr stumpfes Längsdoma $\frac{1}{48}P\breve{\infty}$ 177° 23—34′, welches die Basisfläche ersetzt, auch findet sich noch untergeordnet das Querdoma $P\bar{\infty}$, gegen die Querflächen unter 135° 29′ geneigt und das Längsdoma $\frac{1}{2}P\breve{\infty}$. Ausserdem bildet er fächer-, büschel-, garben- und kugelförmige Gruppen und stenglige Aggregate. Er ist deutlich spaltbar parallel den Quer- und Längsflächen, weiss, graulich-, gelblich- und röthlichweiss, glasglänzend, perlmutterartig auf den Spaltungsflächen, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,35—2,40. V. d. L. schmilzt er, sich aufblähend, etwas schwierig zu weissem Email und ist in Salzsäure löslich, Kieselgallerte abscheidend.

Die Zusammensetzung dieser interessanten Species ist jedenfalls noch nicht genügend festgestellt, obgleich Analysen derselben von Dumbarton in Schottland, von Lochwinnok in Renfrewshire in Schottland, von den Faröern, von Kaaden, Elbogen und Hauenstein in Böhmen, von der Seisseralpe in Tyrol, von den Cyklopen-Inseln bei Catania in Sicilien und vom Tafelberge, Golden County in Colorado vorliegen, aus denen mit Bestimmtheit hervorgeht, dass der Thomsonit ein wasserhaltiges Kalkthonerde-Silicat mit einem an Menge wechselnden Natronthonerde-Silicat ist. Die Mehrzahl derselben zeigt, dass das erstere vorherrscht, ob aber das letztere stetig zunimmt und in welcher Weise, und ob wirklich natronfreier Thomsonit existire, ist nicht sichergestellt. Der Thomsonit von Dumbarton in Schottland, der nach den nahe übereinstimmenden Analysen von BERZELIUS, GMELIN und RAMMELSBERG beispielsweise im Mittel 38,30 $\frac{0}{0}$ Kieselsäure, 30,97 Thonerde, 12,91 Kalkerde, 4,65 Natron und 13,33 Wasser enthält, scheint am besten bestimmt zu sein und würde danach zu der Formel $3[CaO \cdot Al_2O_3 + 2(H_2O \cdot SiO_2)] + [Na_2O \cdot Al_2O_3 + 2(2H_2O \cdot SiO_2)]$ führen und die Mehrzahl der Analysen weist auf das Verhältniss von $3CaO$ auf $1Na_2O$ hin.

7. Natrolith (Mesotyp, Nadel- und Faserzeolith).

Derselbe früher mit dem Skolezit (s. pag. 517) gemeinschaftlich Mesotyp genannte, sehr häufig vorkommende Zeolith krystallisirt orthorhombisch und bildet gewöhnlich nadel- bis haarförmige Krystalle, bisweilen auch dickere prismatische (Brevig in Norwegen). Dieselben zeigen gewöhnlich das Prisma ∞P 91°, begrenzt durch die stumpfe Pyramide P mit den Endkantenwinkeln = 143° 20′ und 142° 40′, wodurch die Krystalle grosse Aehnlichkeit mit denen des Skolezit haben. Dazu treten ausser den Längsflächen bisweilen noch andere untergeordnete Gestalten. Ausser krystallisirt findet er sich radial-stenglige bis faserige Aggregate bildend, die bei grosser Feinheit der verwachsenen Individuen bisweilen fast dicht erscheinen. Er ist vollkommen spaltbar parallel ∞P, farblos bis weiss, graulichweiss bis grau, gelblichweiss bis isabell- und ockergelb, selten roth oder grün gefärbt, glasglänzend, der faserige seidenglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,16—2,26.

Als wasserhaltiges Natronthonerde-Silicat enthält er, nach der Formel $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4 + 2H_2O \cdot SiO_2$ zusammengesetzt 16,32 $\frac{0}{0}$ Natron, 26,84 Thon-

erde, 47,37 Kieselsäure und 9,47 Wasser. V. d. L. wird er trübe und schmilzt dann ruhig und ohne Aufblähen zu klarem Glase, in Salzsäure ist er auflöslich, Kieselgallerte abscheidend. Er findet sich beispielsweise bei Brevig in Norwegen, in der Auvergne in Frankreich, bei Aussig in Böhmen, auf Island, auf den Faröer Inseln, am Hohentwiel in Württemberg, am Alpstein bei Sontra in Hessen.

Bemerkenswerth ist das Vorkommen von Natrolith im Eläolithsyenit des südlichen Norwegens, woselbst er Pseudomorphosen nach dem Eläolith genannten Nephelin, nach Cancrinit, Orthoklas oder Mikroklin bildet, die Spreustein Bergmannit und Radiolith genannt wurden.

Als Mesolith werden verschiedene Vorkommnisse bezeichnet, welche gewissermaassen zwischen Natrolith und Skolezit stehen, indem sie im Aussehen als Aggregate stengliger, nadelförmiger bis faseriger Individuen beiden gleichen, selten deutliche Krystalle bilden und nach ihrer Zusammensetzung als wechselnde Mittelglieder zwischen jenen beiden Species angesehen werden. Bei dem öfteren gemeinschaftlichen Vorkommen von zwei oder mehr Zeolithen ist es zunächst wahrscheinlich, dass bei Aggregaten linearer Individuen Natrolith und Skolezit als Gemenge vorkommen können, welche durch die Analyse sich als aus wechselnden Mengen von Natrolith und Skolezit bestehend erweisen müssen. Wären Natrolith und Skolezit isomorph, so würden solche Mittelglieder erklärlich sein, ohne sie für Gemenge halten zu müssen. Sie würden zu vergleichen sein mit den Plagioklas genannten Feldspathen, welche aus wechselnden Mengen von Albit und Anorthit bestehen und man könnte nach den relativen Mengen von Natrolith- und Skolezitsubstanz auch solchen Zwischengliedern eigene Namen geben. Da aber zunächst Natrolith und Skolezit nicht isomorph sind, so müssen hier andere Verhältnisse obwalten.

Bei solchen Mesolithen wurden nun, aber selten, bestimmbare Krystalle gefunden und nach O. Lüdecke, welcher bei Skolezit genannten Vorkommnissen klinorhombische und anorthische, einander ähnliche Krystalle fand, bei Mesolithen klinorhombische dem Skolezit entsprechende, sind, da auch A. des Cloizeaux bei Mesolithen durch optische Bestimmungen anorthische Krystallisation fand, die Mesolithe und der Skolezit als isomorph aufzufassen. O. Lüdecke fand auch an Natrolith von Aussig und Salesl in Böhmen durch optische Verhältnisse die Annahme klinorhombischer Krystallisation bei dieser Substanz gerechtfertigt und es könnte somit ein Isotrimorphismus des Skolezit und Natrolith und der Mesolithe vorliegen.

Bevor jedoch dieser mögliche Isotrimorphismus im Zusammenhange mit den Analysen der bezüglichen Vorkommnisse endgiltig festgestellt ist, sind die eigends benannten Vorkommnisse, wie der Faröelith von Storr auf Skye und von Port George in der Grafschaft Annopolis in Neu-Schottland, der Fargit von Glenfarg in Fifeshire in Schottland, der Galaktit von daher und von Dumbarton Moor, von Bishoptown und Kilpatrik in Schottland und aus dem Fassathal in Tyrol, der Antrimolith aus der Grafschaft Antrim in Irland, der Harringtonit von daher und aus Bombay, der Lehuntit von Glenarm in der Grafschaft Antrim und der Uigit von Uig auf der Insel Skye ihrer Stellung nach noch zweifelhaft.

8. Analcim.

Derselbe krystallisirt tesseral und bildet Krystalle, welche entweder $2O2$ oder Combinationen von $2O2$ mit $\infty O \infty$ oder von $\infty O \infty$ mit $2O2$ darstellen, selten finden sich auch untergeordnet andere Gestalten, wie O, ∞O und $\frac{3}{2}O$.

Die Krystalle sind bisweilen ziemlich gross (Fassathal in Tyrol), selten sind körnige Aggregate. Er ist unvollkommen hexaedrisch spaltbar und hat muschligen bis unebenen Bruch. Er ist farblos bis weiss, graulichweiss bis grau, röthlichweiss bis fleischroth, glasglänzend, bisweilen in Perlmutterglanz geneigt, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 5,5 und spec. Gew. = 2,1—2,3. Als wesentliches wasserhaltiges Natronthonerde-Silicat der Formel $Na_2Al_2O_4 \cdot Si_2O_4 + 2(H_2O \cdot SiO_2)$ entsprechend enthält er 14,09% Natron, 23,19 Thonerde, 54,54 Kieselsäure und 8,18 Wasser, bisweilen auch etwas stellvertretendes Kali (der von den Cyklopen-Inseln bei Catania in Sicilien, hier sogar nach Ricciardi und Speciale mehr Kali als Natron, was auf die Möglichkeit eines analogen Kalithonerde-Silicates hinweisen könnte) und Beimengungen. V. d. L. schmilzt der Analcim ruhig zu klarem Glase, in Salzsäure ist er löslich, schleimige Kieselsäure abscheidend.

Als Fundorte sind beispielsweise die Seisser-Alpe und der Berg Cipit in Tyrol, Dumbarton und die Insel Skye, Staffa und Mull in Schottland, Montecchio Maggiore im Vicentinischen in Ober-Italien, die Cyklopen-Inseln bei Catania in Sicilien, Almas und Tökerö in Siebenbürgen, Laurvig, Fredriksvärn und Arendal in Norwegen, Andreasberg am Harz, die Faröer- und Kerguelen-Inseln, Aussig in Böhmen, und Blagodat am Ural zu nennen. Bemerkenswerth sind die Pseudomorphosen des Analcim nach Leucit, wie vom Kaiserstuhl im Breisgau.

Als ein höchst interessanter tesseral krystallisirender Zeolith ist der Pollux in Drusenräumen des Albit führenden Granites von Elba anzuführen, welcher unvollkommen ausgebildete Individuen bildet, an die farblosen sogen. zerfressenen, lückenhaft ausgebildeten schweizerischen Bergkrystalle erinnernd. Doch fanden sich auch Krystalle in der Combination $\infty O \infty \cdot 2O2$. Er ist im Bruche muschlig und zeigt nur Spuren von Spaltungsflächen; ist farblos, durchsichtig, glasglänzend, hat die H. = 5,5—6,5 und das spec. Gew. = 2,86—2,90. In der Zusammensetzung ist er dadurch ausgezeichnet, dass er als alkalinische Basis wesentlich das seltene Cäsiumoxyd enthält, nebenbei als Stellvertreter desselben wenig Natron und sehr wenig Kali. Es kann für denselben die Formel $Cs_2Al_2O_4 \cdot Si_4O_8 + H_2O \cdot SiO_2$ aufgestellt werden. V. d. L. wird er weiss und dünne Splitter runden sich an den Kanten zu emailähnlichem Glase ab, wobei die Flamme röthlichgelb gefärbt wird. In kochender Salzsäure wird er schwierig zersetzt.

Als ein anderer tesseral krystallisirter Zeolith ist noch der Faujasit anzuführen, welcher in blasigem, Augitkrystalle enthaltendem zersetzten Basanitporphyr vom Kaiserstuhl im Breisgau, auch bei Annerod unweit Giessen und an der Pflasterkaute bei Eisenach in Thüringen vorkommt, kleine dem Oktaeder sehr ähnliche Krystalle bildend. Dieselben sind jedoch durch ein Deltoidikositetraeder mOm mit sehr kleinem Werthe für *m*, vielleicht $\frac{4}{3}$ gebildet, woran die Flächen etwas gekrümmt und die dreikantigen Ecken durch das Oktaeder abgestumpft sind. Auch wurden Berührungs- und Durchkreuzungszwillinge nach O beobachtet. Er ist deutlich nach den Oktaederflächen spaltbar und hat unebenen Bruch. Er ist farblos, weiss bis braun, durchsichtig bis kantendurchscheinend, glas- bis diamantglänzend, spröde, hat H. = 5,0—6,0 und spec. Gew. = 1,923. Er enthält nach einer Analyse des vom Kaiserstuhle im Breisgau nach A. Damour 49,36% Kieselsäure, 16,77 Thonerde, 5,0 Kalkerde, 4,34 Natron und 22,49 Wasser. V. d. L. bläht er sich auf und schmilzt zu weissem schaumigen Email; in Salzsäure wird er zersetzt.

9. Chabazit.

Diese häufig vorkommende Species krystallisirt hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. Als Grundgestalt ist das Rhomboeder R mit dem Endkantenwinkel $= 94^\circ 46'$ angenommen worden, parallel dessen Flächen auch der Chabazit deutliche Spaltbarkeit zeigt. Dieses Rhomboeder, entfernt an das Hexaeder erinnernd, wesshalb auch das Mineral Cuboicit genannt wurde, ist meist für sich ausgebildet und die Rhomboederflächen sind oft federartig gestreift parallel den Endkanten. Ausserdem finden sich auch damit in Combination das Rhomboeder $\frac{1}{2}R'$ mit dem Endkantenwinkel $= 125^\circ 13'$ und das Rhomboeder $2R'$ mit dem Endkantenwinkel $= 72^\circ 53'$ (Fig. 5); andere Combinationsgestalten sind selten. Häufig sind Penetrationszwillinge mit gemeinschaftlicher Hauptachse nach ∞R, wobei die Rhomboeder R beider Individuen so gegeneinander gestellt erscheinen, wie die beiden Gegenrhomboeder als Hälften desselben Holoeders, selten sind Contactzwillinge nach R. Ausser krystallisirt findet sich zuweilen der Chabazit derb mit krystallinisch-körniger Absonderung.

(Min. 295.)

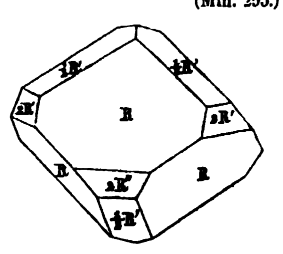


Fig. 5.

Er ist farblos bis weiss, röthlichweiss bis roth (durch Eisenoxyd, wie der Acadialith genannte aus Nova Scotia), gelblichweiss bis gelblichbraun (durch organische Substanz, wie der von Striegau in Schlesien), glasglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 4,0—4,5 und spec. Gew. = 2,0—2,2. In der Zusammensetzung ist der Chabacit in dem Sinne sehr schwankend, als er wesentlich ein wasserhaltiges Kalkthonerde-Silicat zu sein scheint, mit $1\,CaO$, $1\,Al_2O_3$, $4\,SiO_2$ und $6\,H_2O$, dagegen aber immer etwas Kali und Natron enthält. Die Mengen dieser Alkalien sind wechselnd, geringe bis grössere und es scheint demnach noch im Chabazit ein wasserhaltiges Alkali-Thonerde-Silicat in wechselnder Menge vorhanden zu sein. Bei diesem Wechsel der Bestandtheile ist nur beispielsweise die Zusammensetzung des Chabazit von Aussig in Böhmen anzuführen. Die reinen, schönen und grossen Krystalle desselben scheinen besonders geeignet zu sein, gute Resultate der Analysen zu ergeben und das Mittel aus 4 Analysen desselben (2 von RAMMELSBERG, 1 von HOFMANN und 1 von LEMBERG) ergab 48,92 % Kieselsäure, 18,17 Thonerde, 9,78 Kalkerde, 1,51 Kali, 0,56 Natron und 21,47 Wasser.

V. d. L. schwillt der Chabazit an und schmilzt ziemlich leicht zu weissem, blasigem emailartigem Glase; in Salzsäure ist er löslich, die Kieselsäure als schleimige abscheidend. Werden einzelne Krystalle im Glasrohre erhitzt, wobei sie einen Theil des Wassers verlieren und an Durchscheinheit abnehmen, so zeigen sie nach dem Erkalten mit einem Tropfen Wasser benetzt Wasseraufnahme unter Entwicklung von Hitze und zerfallen zu Pulver, was man am besten bemerkt, wenn man einen solchen theilweise entwässerten Krystall auf die Hand legt und benetzt. Diese Erscheinung wurde bis jetzt an anderen Zeolithen nicht beobachtet.

Von den vielen Fundstätten sind ausser dem von Aussig in Böhmen beispielsweise noch zu erwähnen Rübendörfel, Markersdorf und Böhmisch-Leipa (hier der sogen. Phakolith) in Böhmen, Oberstein im Nahethal, Nidda, Altenburg, Annerod in Hessen, Andreasberg am Harz, das Fassathal in Tyrol, Irland, die Faröer-Inseln, Parsboro in Nova-Scotia, der Tafelberg in Golden County in Colorado und Richmond in Victoria in Australien.

Wie bereits erwähnt wurde, enthalten Chabacite gegenüber dem oben an-

geführten von Aussig in Böhmen weniger oder mehr eines Alkali-Thonerde-Silicates neben dem Kalkthonerde-Silicat und bei Zunahme jenes bis zum Ueberwiegen über das letztere schliessen sich an den Chabazit einige seltenere Vorkommnisse, wie der Gmelinit, Herschelit und Levyn, welche auch hexagonal krystallisiren und zwar in Gestalten, welche sich dem des Chabacit anreihen und meist ähnlich dem Chabazit Zwillinge bilden.

10. Prehnit.

Derselbe besonders durch seine höhere Härte und sein höheres spec. Gewicht von den gewöhnlichen Zeolithen unterscheidbar zeigt auch in seiner Zusammensetzung als wesentlich wasserhaltiges Kalkthonerde-Silicat eine auffallende Verschiedenheit darin, dass er auf ein Molecul Al_2O_3 zwei Molecule CaO enthält, auch einen geringen Wassergehalt zeigt. Er entspricht der Formel $H_2Ca_2Al_2O_6 \cdot Si_3O_6$ mit 43,69 $\frac{0}{0}$ Kieselsäure, 24,76 Thonerde, 27,18 Kalkerde und 4,37 Wasser.

Er krystallisirt orthorhombisch und bildet tafelartige bis kurzprismatische Krystalle. Die einfachste Combination ist $oP \cdot \infty P$ und ∞P hat die brachydiagonalen Kantenwinkel = 99° 58′. Dazu treten meist die Längsflächen, seltener die Querflächen, das steile Längsdoma $3P\breve{\infty}$, gegen die Basisflächen unter 106° 43′ geneigt, zwei Querdomen und selbst die Pyramide P. Die Krystalle, einzeln oder gruppirt aufgewachsen zeigen meist convex und concav gekrümmte Flächen und bilden oft keil-, fächer-, rosetten- bis wulstförmige Gruppen, die in nieren-, trauben- und kugelförmige Gestalten mit radialblättriger bis fasriger Absonderung übergehen. Auch findet er sich derb, krystallinisch-körnig bis fasrig abgesondert. Er ist deutlich basisch spaltbar, unvollkommen prismatisch, parallel ∞P und hat unebenen, splittrigen, bis unvollkommen muschligen Bruch. Er ist (selten) farblos bis weiss, meist grünlichweiss bis spargel-, apfel- oder lauchgrün, auch graulichweiss, gelblich oder röthlichweiss bis blassroth, glasglänzend, auf den Basisflächen bis perlmutterglänzend, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 6,0—7,0 und spec. Gew. = 2,8—3,0. V. d. L. schmelzen Splitter sofort an der Spitze zu weissem Email, bei weiterem Erhitzen tritt Anschwellen der Probe ein und sie schmilzt ziemlich leicht zu weissem blasigem Glase. In Salzsäure ist der Prehnit löslich, Kieselgallerte abscheidend, wenn er vorher geglüht oder geschmolzen wurde.

Er findet sich auf Klüften, Gängen und in Drusenräumen in krystallinischen Schiefern und plutonischen Gesteinsarten, wie Granit, Diorit, Gabbro, Diabas, Aphanit u. a., auf Erzgängen und Erzlagern, desgleichen auch in Blasenräumen basaltischer Gesteine. Bemerkenswerthe Fundorte sind Bourg d'Oisans im Dauphiné in Frankreich, Ratschinges, die Seisseralpe und der Monzoniberg in Tyrol, Treseburg, Harzburg, Bremke und das Wormkethal am Harz, das Val Maggia auf der Südseite des St. Gotthard in der Schweiz, Gottesberg am Rhein, Kilpatrik bei Dumbarton in Schottland, die Insel Skye bei Schottland, Oberstein im Nahethal in der Pfalz, Arendal in Norwegen, Fahlun in Schweden, Impruneta in Toscana, Farmington in Connecticut, das Cap der guten Hoffnung in Afrika, von wo er zuerst durch Oberst PREHN gebracht und desshalb nach diesem benannt wurde.

11. Der Datolith.

Diese interessante Species lässt sich am besten den Zeolithen anreihen, sowohl in seinen Eigenschaften als auch in der Art des Vorkommens. Er krystallisirt klinorhombisch und bildet zum Theil sehr schöne und flächenreiche aufgewachsene Krystalle. Dieselben wurden früher für orthorhombische gehalten

und zeigten in ihren Combinationen den Habitus klinorhombischer Ausbildung, bis durch sehr genaue Messungen das klinorhombische System festgestellt wurde. Die mit dem Prisma ∞P (115° 22') vorkommenden Basisflächen oP bilden nämlich mit den Querflächen die Winkel 90° 9' und 89° 51' (nach DAUBER), 90° 6' und 89° 54' nach E. DANA und konnten daher ohne sehr genaue Messung als rechtwinklig geneigte angesehen werden. Damit in Combination findet sich das Prisma ∞P2, die orthodiagonalen Kanten von ∞P zuschärfend und meist vorherrschend ausgebildet, mit den orthodiagonalen Kanten = 103° 22'. Von anderen zahlreichen Gestalten in den Combinationen ist noch das bisweilen stark ausgebildete vordere Querhemidoma P∞ anzuführen, welches gegen die Basisflächen nach DAUBER unter 135° 4' geneigt ist, die vordere Hemipyramide P2 mit der klinodiagonalen Endkante = 120° 58', welche die Combinationskanten oP/∞P2 abstumpfend gegen die Basisflächen unter 141° 7' geneigt ist, die hintere Hemipyramide P', welche die schärferen Combinationskanten oP/∞P abstumpft, das Längsdoma P∞, welches die spitzen Combinationsecken von ∞P2 mit oP abstumpft und gegen die Basisflächen unter 147° 38' geneigt ist, oder auch das Längsdoma 2P∞ mit dem Neigungswinkel = 128° 14' gegen die Basisflächen. Ausser krystallisirt findet er sich derb, krystallinisch-grobkörnige Aggregate bildend, wegen deren Absonderung Datolith genannt, von den griechischen Worten »*dateomai*« zertheilen und »*lithos*« Stein. Er ist nur sehr unvollkommen spaltbar parallel den Querflächen und parallel dem Prisma ∞P, der Bruch ist muschlig bis uneben.

Der Datolith ist farblos oder wenig grünlich, weiss, grünlich-, graulich-, gelblich- oder röthlichweiss, glasglänzend, auf den Bruchflächen wachsartig, durchsichtig bis kantendurchscheinend, spröde, hat H. = 5,0—5,5 und spec. Gew. = 2,9—3,0. In der Zusammensetzung ist er dadurch ausgezeichnet, dass er gegenüber den Zeolithen anstatt Thonerde Borsäure enthält, wie der Prehnit 2 CaO und 1 H_2O aber nur 2 SiO_2, wonach man die Formel $H_2O \cdot B_2O_3 + 2\,(CaO \cdot SiO_2)$ aufstellen kann, welche 5,64§ Wasser, 21,63 Borsäure, 35,11 Kalkerde und 37,62 Kieselsäure erfordert. V. d. L. anschwellend schmilzt er leicht zu einem klaren Glase, die Flamme durch die Borsäure grün färbend; mit Phosphorsalz geschmolzen giebt er ein Kieselskelett. Von Salzsäure wird er vollständig zersetzt, Kieselgallerte abscheidend.

Als bemerkenswerthe Fundorte sind Bergen-Hill in New Jersey, Toggiana in der italienischen Landschaft Emilia (ehemal. Herzogthum Modena), der Monte Catini in Toscana, die Seisseralpe bei Klausen in Tyrol, Niederkirchen im Nahethal in der bayerschen Pfalz, Kuchelbad bei Prag in Böhmen, Utoë in Schweden und Arendal in Norwegen anzuführen. Am zuletzt angeführten Fundorte auf Magneteisenerzlagern findet sich der sogen. Botryolith, weisse, graue oder rothe Kugeln, traubenförmige und stalaktitische Ueberzüge auf Calcitkrystallen bildend, im Inneren radialfasrig, welcher von Datolith getrennt und als eigene Species aufgefasst wurde. Er unterscheidet sich bei gleicher Härte und gleichem spec. Gew. in der Zusammensetzung nur dadurch vom Datolith, dass er ein Molecul H_2O mehr enthält, sonst ist er mit ihm übereinstimmend.

Zwillingsbildung

von

Prof. Dr. **Kenngott.**

Bei den Mineralen sind, wie schon mehrfach besprochen wurde, die Krystalle als natürliche unorganische (nicht organisirte) Individuen, sowie auch bei den nicht mineralischen Substanzen, welche Krystalle bilden, diese unorganischen Individuen mit den organischen Individuen des Thier- und Pflanzenreiches zu vergleichen. Abgesehen von dem Vorkommen, welches die mineralischen Krystalle als Individuen der Minerale von den nicht mineralischen Krystallen unterscheiden lässt, zeigen alle Krystalle bezüglich ihrer Individualität keine wesentlichen Unterschiede, so dass die Gestalten gemeinschaftlich Gegenstand der Krystallographie geworden sind. Wenn daher hier zum Schluss noch eine besondere Erscheinung, die Zwillingsbildung besprochen werden soll, wobei wesentlich auf die Minerale Rücksicht genommen wird, so ist diese Erscheinung auch an nicht mineralischen krystallisirten Substanzen zu beobachten und es bezieht sich daher auch die Besprechung dieser Erscheinung auf die nicht mineralischen Krystalle.

Bei der überaus reichlichen Entwicklung der Zwillingsbildung im Mineralreiche, wie schon die öftere Erwähnung von Zwillingen bei der Beschreibung einzelner Mineralspecies zeigte und bei der Mannigfaltigkeit solcher Bildung kann hier nur in Kürze auf die wichtigsten Verhältnisse derselben eingegangen werden. In der Thier- und Pflanzenwelt wird auch der Ausdruck »Zwillinge« gebraucht, doch sind im Mineralreiche die Verhältnisse ganz andere und zwar gesetzmässige, wesshalb auch von vorn herein in der Benennung »Zwilling« ein wesentlicher Unterschied hervortritt.

Bezüglich des Vorkommens der Mineralkrystalle (s. pag. 279, Bd. II im Artikel »Krystalle«) wurde bereits erwähnt, dass die Krystalle als natürliche unorganische Individuen einzeln aufgewachsen oder eingewachsen vorkommen, oder dass sie auch miteinander verwachsen sind. Der Anblick einer Krystalldruse oder einer Gesteinsfläche, auf welcher viele Krystalle derselben Art in mehr oder minder grosser Anzahl und in verschiedener Grösse aufgewachsen sind, zeigt sofort, dass die einzelnen Krystalle als solche, als Individuen zu erkennen sind und dass dabei auch häufig Krystalle derselben Art aneinander gewachsen oder mit einander verwachsen sind, dass dabei aber meist die Verwachsung eine unregelmässige ist oder dass auch Krystalle gruppirt vorkommen, eine gewisse Regelmässigkeit der Stellung bei der Gruppirung zeigen.

Die zufällige und mannigfaltige Verwachsung zweier Krystalle bedingt aber nicht den Ausdruck Zwilling, sondern man fordert für den Gebrauch dieses Ausdruckes, dass die Verwachsung eine regelmässige sei, welche wie die mathemathische Gestaltung der einzelnen Krystalle in ihrer Regelmässigkeit mathematisch bestimmt werden kann. Wenn aber z. B. zwei Krystalle des Aragonit (Fig. 1) so mit einander verwachsen sind, wie Fig. 2 es darstellt, so bilden sie, wie man sich ausdrückt einen Zwillingskrystall oder kürzer einen Zwilling. Eben so bilden z. B. zwei mit einander regelmässig verwachsene oktaedrische Krystalle des Magnetit oder des Spinell (Fig. 3) einen Zwilling, oder zwei prismatische Krystalle des Staurolith (Fig. 4) einen Zwilling.

Aus diesen Beispielen ersieht man, dass die beiden einen Zwilling bildenden Einzelnkrystalle (Individuen) als solche gleichgestaltet sind und dass die Ver-

wachsung eine regelmässige ist, an derselben Fundstätte oder auch an verschiedenen Fundorten sich in gleicher Weise wiederholt, wodurch schon hervorgeht, dass die Verwachsung einer gewissen Regel, einem Zwillingsgesetz unterliegt.

(Min. 296–299.)

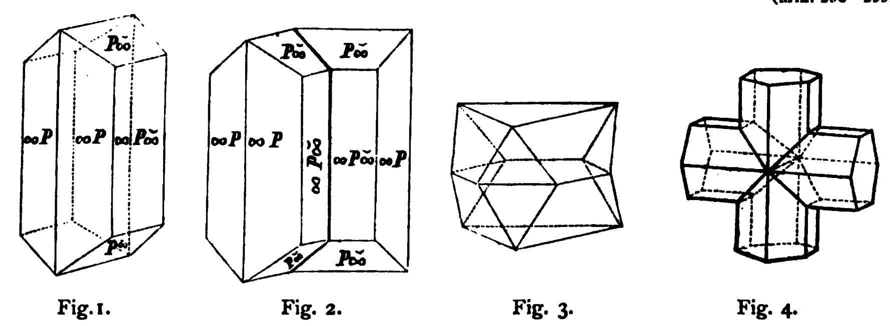


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Durch die Verwachsung kann nothwendig nicht jeder Einzelnkrystall des Zwillings in allen seinen Theilen vollkommen ausgebildet sein, wenn auch die Gestalt als gleiche genau bestimmbar ist.

Bei solcher regelmässigen Verwachsung, welche gegenüber anderen zufälligen Verwachsungen zweier Individuen gleicher Art und gleicher Gestalt, die Benennung »Zwilling« rechtfertigt, finden sich gewöhnlich mehrere bis viele gleichgestaltete und nach demselben Gesetz gebildete Zwillinge am gleichen Orte des Vorkommens, weil die Verwachsung nach derselben Weise zu beobachten ist. Man hat dann bei der Betrachtung solcher Zwillinge zu ermitteln, nach welcher Regel, nach welchem Gesetz sie verwachsene Einzelnkrystalle darstellen. Von vornherein zeigt auch das gleichzeitige Vorkommen solcher Zwillinge gleicher Gestaltung und verschiedener Grösse, dass die Zwillinge wie einzelne Krystalle von ihrer Entstehung an sich durch Wachsthum vergrösserten.

Wenn in dem Artikel »Wachsthum der Krystalle« versucht wurde, sich eine Vorstellung von der Entstehung und dem Wachsthum der Krystalle zu machen, so ist ersichtlich, dass die beiden einen Zwilling bildenden Einzelnkrystalle in gleicher Weise entstanden sind und durch das Wachsthum grösser wurden.

In keinem Falle aber kann und darf man sich vorstellen, dass zuerst zwei getrennte Einzelnkrystalle und wenn sie auch noch so klein gedacht würden, entstanden wären und dass sie sich bei weiterem Wachsthume zu einem Zwilling vereinigt hätten. Im Gegentheil gelangt man zu der Vorstellung, dass wie bei dem werdenden Krystalle als einem Individuum ein Krystallmolecul der Ausgangspunkt eines Krystalles ist, um welches sich die anderen Krystallmolecule derselben Gestalt und Grösse durch eine durch die Gestalt der Krystallmolecule geregelte Anziehungskraft anlagerten, auch jeder Einzelnkrystall des Zwillings ein Krystallmolecul als Ausgangspunkt hat. Diese beiden Krystallmolecule mussten daher in einer bestimmten Lage gegeneinander verwachsen und durch diese bestimmte gegenseitige Lage ergiebt sich das Zwillingsgesetz für die zu einem Zwilling vereinten Einzelnkrystalle. Wodurch die bestimmte gegenseitige Lage der für den Zwilling erforderlichen ersten zwei Krystallmolecule bedingt wird, lässt sich zur Zeit nicht angeben, doch ist es wahrscheinlich, dass sie von der Lage gewisser Atome im Krystallmolecul abhängig ist, um die Symmetrie des Zwillings hervorzurufen.

Bei der Beschreibung der Zwillinge und der Angabe des Zwillingsgesetzes giebt die bezügliche Ausdrucksweise an, wie die beiden einen Zwilling bildenden

Individuen verwachsen erscheinen und es soll damit nicht ausgedrückt werden, wie sie entstanden sind.

Von dem Wachsthume der beiden verzwillingten Individuen hängt es ab, nach welcher Richtung dieselben sich besonders vergrössern und darauf beruht zunächst die Unterscheidung der Zwillinge als *Berührungs-* oder *Durchdringungs-Zwillinge*, während im Allgemeinen als Regel für die verzwillingten Individuen gilt, dass sie gegen eine im Bereiche der Krystallisation des bezüglichen Minerales liegende Krystallfläche eine gleiche, aber entgegengesetzte Lage haben, gleichviel ob sie einen Berührungs- oder Durchdringungs-Zwilling darstellen. Diese Fläche ist die *Zwillingsfläche*.

Berührungszwillinge (*Contactzwillinge, Juxtapositionszwillinge*) sind diejenigen, bei denen die beiden Einzelkrystalle durch eine bestimmte Ebene mit einander verbunden sind. So ist z. B. der in Fig. 5 dargestellte Gypszwilling ein Berührungszwilling. Die beiden Einzelkrystalle des Zwillings bilden die Combination $\infty P\bar{\infty} \cdot \infty P \cdot P$ und sind durch eine der Querfläche parallele Ebene miteinander verbunden. Diese Ebene ist die Verwachsungsfläche der beiden verzwillingten Individuen und ist gleichzeitig auch die Zwillingsfläche. Gegen diese den Querflächen, welche an dem Krystalle nicht vorhanden sind, parallele Ebene haben die beiden Individuen eine gleiche, aber entgegengesetzte Lage, das eine Individuum ist das Spiegelbild des anderen gegenüber der Zwillings- und Verwachsungsfläche. Für solche Berührungszwillinge gebraucht man auch den Ausdruck *hemitrope Zwillinge*.

(Min. 300.)

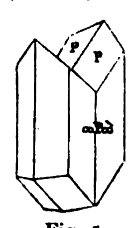


Fig. 5.

Wenn man nämlich solche Zwillinge durch Modelle in Holz ersichtlich machen will, so erhält man sie, wenn man das vollständige Individuum $\infty P\bar{\infty} \cdot \infty P \cdot P$ durch eine der Querfläche parallele und durch den Mittelpunkt gelegte Ebene, welche den Querschnitt des Krystalles darstellt, in zwei gleiche Hälften theilt, im Mittelpunkte des Querschnittes sich eine Senkrechte auf diesem Querschnitte gezogen denkt, welche die *Zwillingsachse* genannt wird. Dreht man die eine Hälfte des Krystalles nach der Theilung in zwei Hälften um die Zwillingsachse um 180°, so entsteht der in der Figur dargestellte hemitrope Zwilling als Berührungszwilling nach der Querfläche und die Zwillingsfläche ist die Berührungsfläche.

In gleichem Sinne ist der in Fig. 2 (pag. 525) dargestellte Aragonitzwilling ein hemitroper Berührungszwilling. Man denkt sich den einzelnen Krystall Fig. 1 (pag. 525), welcher die Combination $\infty P \cdot \infty P\breve{\infty} \cdot P\breve{\infty}$ darstellt, parallel der dem Beobachter zugewendeten links liegenden Prismenfläche durch eine Ebene, welche durch den Mittelpunkt parallel dieser Prismenfläche geht, in zwei gleiche Hälften getheilt. Die im Mittelpunkte auf diese Schnittfläche (die Zwillingsfläche) errichtete Senkrechte ist die Zwillingsachse und wenn man um diese die eine Hälfte des Krystalles um 180° gedreht denkt, so entsteht der in der Figur dargestellte Zwilling als Berührungszwilling nach ∞P.

Ebenso ist der in Fig. 3 (s. pag. 525) dargestellte Zwilling ein hemitroper Berührungszwilling. Der einzelne Krystall, das Oktaeder darstellend, wird durch eine durch den Mittelpunkt gelegte Parallelfläche zu einer Oktaederfläche in zwei gleiche Hälften getheilt gedacht. Um eine auf dieser Theilungsfläche errichtete Senkrechte, welche als Zwillingsachse einer trigonalen Zwischenachse entspricht, wird nun die eine Hälfte des Krystalles um 60° oder 180° gedreht

gedacht, und dadurch entsteht der Zwilling als Modell. In der Zeichnung ist derselbe so gestellt, dass die Zwillingsachse aufrecht steht.

Nicht immer ist bei Berührungszwillingen die Verwachsungsfläche gleichzeitig die Zwillingsfläche, sie können, wenn auch selten in ihrer entgegengesetzten Stellung gegen die Zwillingsfläche mit einer anderen Fläche verwachsen sein. So ist z. B. bei den sogen. Karlsbader Zwillingen des Orthoklas (s. pag. 274) die Verwachsungsfläche die Längsfläche, während die Querfläche die Zwillingsfläche ist, d. h. die beiden Individuen haben gegen die Querfläche oder eine derselben durch den Mittelpunkt gelegte Parallelebene eine gleiche aber entgegengesetzte Stellung. Solche Zwillinge können im Modell nicht durch Hemitropie, durch Umdrehung der einen Hälfte des Krystalles um die andere gebildet werden, wenn man den Krystall durch eine Parallelebene zur Verwachsungsfläche in zwei gleiche Hälften getheilt denkt.

Bei allen Berührungszwillingen muss man sich vorstellen, wie oben bereits angedeutet wurde, dass die beiden zuerst entstandenen Krystallmolecule, welche die Ausgangspunkte der beiden verzwillingten Individuen bilden, in der das Zwillingsgesetz bedingenden Stellung miteinander sich verbanden und dass dann jedes der beiden gleichen Individuen in seinem eigenen Wachsthume vorschritt, so dass bei grösster Vollkommenheit der Ausbildung jedes der beiden Individuen einseitig durch das andere gehindert sich nicht vollständig ausbilden konnte, sondern nur einen halben Krystall darstellt. Da aber bei dem Wachsthum der Krystalle durch äusserliche Hindernisse die Vergrösserung beeinflusst werden kann, so können auch oft die beiden verzwillingten Individuen ungleich in der Grösse ausgebildet vorkommen.

Durchdringungszwillinge (Penetrationszwillinge, Kreuzzwillinge) sind im Allgemeinen solche, bei denen die beiden Einzelnkrystalle auch gegen eine krystallographische Fläche eine gleiche, aber entgegengesetzte Stellung haben, dagegen theilweise oder ganz durcheinander gewachsen erscheinen. So stellt z. B. Fig. 6 einen Durchdringungszwilling zweier als Hexaeder ausgebildeter Fluoritkrystalle dar, welche so gegeneinander gestellt sind, dass sie eine trigonale Zwischenachse gemeinschaftlich haben, wie die beiden oktaedrischen Individuen des in Fig. 3 dargestellten hemitropen Zwillings, und das eine Individuum um 60° oder 180° um diese trigonale Zwischenachse gegenüber dem anderen gedreht erscheint. Es ist daher dieser Zwilling auch ein Zwilling nach O, wie der der beiden Oktaeder in Fig. 3, aber die beiden Individuen sind nach allen Richtungen als Hexaeder ausgebildet, durchdringen sich dabei z. Th. gegenseitig.

(Min. 301.)

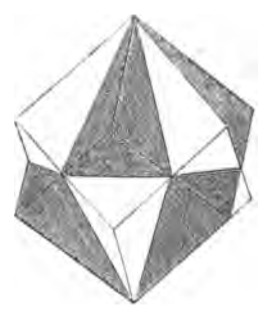


Fig. 6.

Man würde sich auch hier vorstellen können, dass die beiden Krystallmolecule, welche für die beiden Hexaeder die Ausgangspunkte bilden, in der das Zwillingsgesetz bedingenden Stellung sich miteinander verbanden und dass dann die beiden Individuen um diese beiden Ausgangspnnkte der Bildung sich nach allen Seiten vergrösserten, wodurch dann nothwendig ein Theil des Zwillings aus Krystallmoleculen des einen und des anderen Individuums besteht, während die über diesen Theil hinauswachsenden Individuen durch die ihnen zugehörigen Krystallmolecule gebildet sind. Wenn wir uns auch keine Vorstellung darüber machen können, wie die zu zwei Individuen beitragenden Krystallmolecule des

einen und des anderen im Wechsel mit einander den beiden Individuen gemeinschaftlichen Krystallraum des Zwillings erfüllen, über welchen hinaus jedes Individuum durch die ihm zugehörigen Krystallmolecule gebildet wird, so erfordert trotzdem der beiden Individuen gemeinschaftliche Krystallraum die Annahme, dass in ihm die Krystallmolecule des einen und des anderen verzwillingten Individuum enthalten sind.

Ein zweites Beispiel eines Durchdringungszwillings bildet der in Fig. 4 pag. 525 dargestellte Staurolithzwilling, in welchem zwei prismatische Krystalle der Combination $\infty P \cdot \infty P \breve{\infty} \cdot oP$ so durcheinander gewachsen erscheinen, dass die Hauptachsen beider sich fast rechtwinklig durchkreuzen und die beiden Querschnitte der beiden Individuen in einer Ebene liegen, wodurch auch die Querachsen beider sich fast rechtwinklig schneiden, die Längsachse beider zusammenfällt oder beide Längsachsen einander parallel laufen. Die Zwillingsfläche beider verzwillingten Krystalle ist eine Parallelfläche zu einer Längsdomenfläche $\frac{3}{2}P\breve{\infty}$, welche die Combinationskante $oP/\infty P\breve{\infty}$ abstumpft. Auch hier kann man sich, wie in dem vorangehenden Beispiele vorstellen, dass zwei gleiche Krystallmolecule als Ausgangspunkte der Bildung zweier Krystalle anzunehmen sind und dass diese beiden Molecule unmittelbar in einer Stellung verwachsen sind, welche das Zwillingsgesetz bedingt und dass von diesen beiden Moleculen aus sich die beiden Krystalle ausbildeten und vergrösserten. In dem beiden Individuen gemeinschaftlichen Krystallraume müssen auch wieder Molecule des einen und des anderen Individuum enthalten sein, sich die beiden Individuen materiell durchdringen und über diesen Krystallraum hinaus vergrösserte sich jedes Individuum für sich durch die nur ihm zugehörigen Krystallmolecule.

Dass bei solcher Bildung von Durchdringungszwillingen auch äussere Umstände ein ungleiches Wachsthum beider verzwillingten Individuen hervorrufen können, ist ersichtlich, wodurch auch Durchdringungszwillinge entstehen, bei denen die beiden Individuen nicht gleich gross sind, wie man sie als solche gewöhnlich in den Modellen und Zeichnungen darstellt. So findet man oft an demselben Fundorte Durchdringungszwillinge des Staurolith nach $\frac{3}{2}P\breve{\infty}$, bei denen die beiden verzwillingten Individuen sehr verschiedene Grösse haben, während ihre gegenseitige Stellung dem Zwillingsgesetz entsprechend in allen solchen Zwillingen dieselbe ist. Auch können sich bei einem und demselben Minerale nach demselben Gesetze Berührungs- und Durchdringungszwillinge finden, was von der Art des Wachsthums beider verzwillingten Individuen abhängt, sodass man auch Zwillinge findet, welche weder vollständige Berührungs- noch Durchdringungszwillinge sind. So ist z. B. Fig. 7 das Bild eines solchen Orthoklaszwillings, welcher nach der Querfläche verzwillingte Individuen darstellt, die in der Stellung eines Berührungszwillings mit der Längsfläche als Verwachsungsfläche von dieser Verwachsungsfläche aus sich z. Th. gegenseitig durchdringen, aber nicht so weit, um einen vollständigen Durchdringungszwilling zu bilden, wie solche oft gefunden werden.

(Min. 302.)

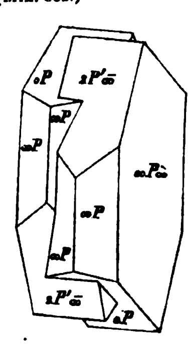


Fig. 7.

Nach der Stellung der beiden Individuen in Zwillingen lassen die Achsensysteme (die Achsenskelette) derselben auch die Zwillinge ausser der Unterscheidung als Berührungs- oder Durchdringungszwillinge als solche unterscheiden, bei denen die Achsenskelette parallele oder nicht parallele Stellung

haben. Die letzteren sind die häufigeren, die ersteren wesentlich bei hemiedrischer Gestaltung zu beobachten. So findet man z. B. bei der Species Pyrit Durchdringungszwillinge der ersten Art, gebildet durch zwei Individuen in der Gestalt $\frac{\infty O 2}{2}$. Hierbei schneiden sich die Hauptkantenlinien der Dyakishexaeder rechtwinklig und die Dyakishexaeder der beiden Einzelnkrystalle haben gegeneinander die Stellung, wie die zwei Gegenhemieder desselben Tetrakishexaeders $\infty O 2$. W. HAIDINGER (dessen Handbuch der bestimmenden Mineralogie pag. 258 und 259) hat daher solche Zwillinge Ergänzungszwillinge genannt. Da jedoch bei hemiedrischen Species die beiden Gegenhemieder sich nicht allein durch ihre Stellung unterscheiden, sondern auch physikalische Erscheinungen bei dem Vorkommen der Gegenhemieder bestimmen lassen, welches der beiden Gegenhemieder ausgebildet ist, ausserdem die Theorie der Zwillingsbildung erfordert, dass die beiden verzwillingten Individuen gleiche Gestalt haben, so kann man nicht sagen, dass das Dyakishexaeder des einen und das des anderen Individuum Gegenhemieder sind. In beiden ist das Hemieder dasselbe und die Zwillingsfläche, welche das Zwillingsgesetz bestimmt, ist eine Rhombendodekaederfläche. Auch bei dieser Zwillingsbildung ist es nicht nothwendig, dass die beiden verzwillingten Individuen gleich gross sind.

In den meisten Fällen erkennt man die Zwillinge als solche durch ihre besonderen Gestaltsverhältnisse, meist durch einspringende Winkel, doch können auch bisweilen Zwillinge vorkommen, welche wie Einzelnkrystalle gestaltet sind. So können z. B. Berührungszwillinge nach ∞R, bei denen die verzwillingten Individuen Rhomboeder sind und die Verwachsungsfläche eine Parallelfläche zur Basis ist, das Aussehen trigonaler Pyramiden haben oder es können z. B. Quarzkrystalle der Combination $\infty P 2 \cdot \frac{P 2}{2}$ oder der Combination $\infty P \cdot \frac{P 2}{2} \cdot \frac{P' 2}{2}$ als Durchdringungszwillinge bei vollständiger Durchdringung vollkommen holoedrisch ausgebildet in der Combinationsgestalt $\infty P 2 \cdot P 2$ erscheinen.

Die vielfach vorkommende Zwillingsbildung beschränkt sich aber nicht allein darauf, Zwillinge zu bilden, sondern es können auch mehr als zwei Individuen zwillingsartig verwachsen sein, wodurch Drillinge, Vierlinge, Doppelzwillinge, Fünflinge u. s. w. entstehen und schliesslich Krystallgruppen auf wiederholte Zwillingsbildung zurückzuführen sind.

Wenn z. B. bei dem Rutil oder bei dem Kassiterit Berührungszwillinge nach $P \infty$ vorkommen, wie in Fig. 8 ein solcher dargestellt ist, so kann von dem zweiten Individuum, welches in der Figur in schräger Stellung vor dem Beobachter liegt, von der Berührungsfläche aus nur ein kleiner Theil ausgebildet erscheinen und von diesem aus bildete sich ein drittes Individuum, welches wieder nach $P \infty$ mit ihm verzwillingt erscheint. Dieses dritte Individuum nimmt daher eine parallele Stellung mit dem ersten ein und das in Fig. 9 dargestellte Gebilde ist ein Drilling. Der nach dem Zwillingsgesetz eingeschaltete Theil des zweiten Individuum kann relativ grösser (dicker) oder kleiner sein, als die Figur es zeigt, ja er kann sogar sehr schmal sein, was auf einen rascheren Ansatz des

(Min. 276–277.)

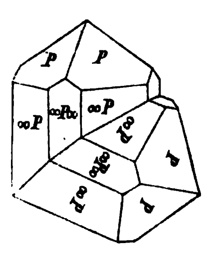


Fig. 8.

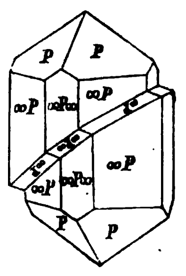


Fig. 9.

dritten Individuum hinweist. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass von dem dritten Individuum wieder nur ein kleiner Theil ausgebildet ist und mit diesem ein viertes Individuum nach P∞ verzwillingt auftritt, welches dann die Lage des zweiten in Fig. 8 zeigen würde. Auf diese Weise wäre dann ein Vierling zu sehen. Ja es könnte die oscillatorisch fortgesetzte Zwillingsbildung eine ganze Reihe sehr dünner Zwillingslamellen erzeugen. Es können auf diese Weise Berührungszwillinge nach P∞ erscheinen, bei denen parallel der Berührungsfläche eine gewisse gerade Zahl höchst feiner Zwillingslamellen eingeschaltet sind, während das erste und letzte Individuum annähernd gleich gross sind. Oder es könnte ein dem Einzelnkrystalle ähnlicher Krystall erscheinen, in welchem parallel P∞, parallel der Zwillingsfläche eine ungerade Zahl höchst feiner Zwillingslamellen eingeschaltet, das erste und letzte Individuum nahezu gleich gross sind.

Ein ähnlicher oscillatorischer Wechsel von nach demselben Gesetz verzwillingten Individuen zeigt sich z. B. oft an Aragonit, bei dem scheinbar Einzelnkrystalle oder scheinbare Zwillinge nach ∞P vorkommen, wenn zwischen das erste und letzte Individuum eine Reihe höchst feiner Zwillingslamellen eingeschaltet sind, welche so fein sein können, dass sie nur durch starke Vergrösserung zu unterscheiden sind. Solche Erscheinungen zeigen, dass die bezüglichen Substanzen eine grosse Tendenz zur Zwillingsbildung haben, was immer von dem Ansatz neuer Krystallmolecule abhängt, welche als Ausgangspunkt eines neuen Individuum sich in der dem Zwillingsgesetz entsprechenden Lage bei dem Wachsthum des Krystalles ansetzen.

Einen oscillatorischem Wechsel verzwillingter Individuen zeigen auch z. B. die als Plagioklase bezeichneten Feldspathe, bei denen die einander folgenden in der Lage wechselnden Krystalllamellen sich selbst auf den Spaltungsflächen erkennen lassen, wesshalb man die Bezeichnung Zwillingsstreifung derselben eingeführt hat, weil auch hier die Streifung auf einem oscillatorischen Wechsel beruht, wie bei der Ausbildung gestreifter Krystallflächen, nur dass bei den letzteren ein oscillatorischer Wechsel zweier Combinationsgestalten, bei jener ein oscillatorischer Wechsel in der Stellung der lamellar ausgebildeten verzwillingten Individuen eingetreten ist, die in ihrer Dicke gleich sind oder wechseln, wie dort die Flächenelemente der oscillirenden Combinationsgestalten.

Gegenüber der Zunahme der Zahl nach demselben Gesetze verzwillingter Individuen, können auch solche Fälle beobachtet werden, dass zwei Zwillinge desselben Gesetzes sich nach einem anderen Gesetze zu Doppelzwillingen vereinigt zeigen. Solche gedoppelte Zwillingsbildung zeigt sich z. B. bei dem Harmotom (s. pag. 515), bei welchem die in Fig. 10 dargestellten Gebilde früher für Penetrationszwillinge gehalten wurden. Neuerdings aber hat man gefunden, dass die für orthorhombische Einzelnkrystalle gehaltenen Gebilde, wie oben angegeben wurde, klinorhombische basische Zwillinge sind, welche nach P$\breve{\infty}$ zu einem Durchdringungs-Doppelzwilling verwachsen sind. In ähnlicher Weise sind bei dem Orthoklas basische Berührungszwillinge nach 2P$\breve{\infty}$ zu Durchdringungsdoppelzwillingen verwachsen, oder es finden sich bei dem Albit Berührungszwillinge nach den Längsflächen, welche zu Berührungsdoppelzwillingen nach den Querflächen (dem Karlsbader Gesetze des Orthoklas) verwachsen sind und wobei die Doppelzwillinge die Längsfläche als Verwachsungsfläche zeigen.

(Min. 278.)

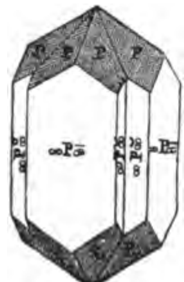


Fig. 10.

Aus allen angeführten Erscheinungen der Zwillingsbildung, wobei nur auf die

wichtigsten Rücksicht genommen werden konnte, geht hervor, dass die Zwillingsbildung überhaupt, gleichviel, ob sie sich nur auf zwei Individuen beschränkt oder ob sie sich mannigfach wiederholt und die entstandenen Gebilde aus selbst vielen Individuen bestehen, eine häufig vorkommende und gesetzmässige Erscheinung ist. Sie muss wesentlich dadurch hervorgerufen werden, dass die Krystallmolecule, welche bei der Entstehung der unorganischen Individuen als Ausgangspunkte derselben dienen, von Anfang an eine bestimmte, das Zwillingsgesetz bedingende Stellung gegen einander einnehmen und dass es von der Art des weiteren Wachsthums abhängt, ob die Zwillinge Berührungs- oder Durchdringungszwillinge werden, ob die verwachsenen Individuen gleiche oder verschiedene Grösse erreichen.

Schliesslich ist noch anzuführen, dass auch secundäre Vorgänge beobachtet wurden, durch welche, wie durch Druck oder Temperaturveränderung Zwillingsbildung bei Substanzen eintreten kann, welche vorher keine solche zeigten. So zeigten z. B. REUSCH und BAUMHAUER, dass an Spaltungs-Rhomboedern R des Calcit durch einen geeigneten Druck die Erscheinung von Zwillingsverwachsung nach $\frac{1}{2}R'$ hervorgerufen werden kann, woraus man auch folgerte, dass bei grobkörnigem Marmor die an ihm zu beobachtende Erscheinung von Zwillingsbildung nach $\frac{1}{2}R'$ erst später durch gegenseitigen Druck der an Grösse zunehmenden, vorher nicht verzwillingten Individuen eingetreten sei. So beobachtete MÜGGE an Spaltungsstücken des Anhydrit, dass durch Erwärmung derselben zahlreiche parallel $P\breve{\infty}$ eingelagerte Zwillingslamellen entstanden, während C. KLEIN am Leucit nachwies, dass die ursprünglich tesseralen, nicht verzwillingten Krystalle durch Abnahme der Temperatur nicht allein durch Differenzirung der Achsen orthorhombisch wurden, sondern auch die orthorhombischen Gestalten vielfach verzwillingt sind. Durch geeignete Temperatur-Erhöhung vermochte er sogar, den früheren Zustand wieder herbeizuführen, wie pag. 288 bei Leucit angegeben wurde.

Die Vulkane

von

Prof. Dr. **von Lasaulx** und Prof. Dr. **Hörnes.**

Unter **Vulkanismus** kann man den Inbegriff aller der geologischen Vorgänge verstehen, deren erregender Ausgang im unbekannten Innern der Erde gelegen ist und die von Erscheinungen begleitet sind, welche weit höhere Temperaturen zu ihrem Eintreten voraussetzen, als sie an der Stelle der Erdrinde obwalten, an der sie sich ereignen. Die charakteristischen Produkte des Vulkanismus sind daher geschmolzene und aus dem Schmelzfluss erstarrte feste Körper, heisse Gase, Dämpfe und Quellen.

Die Wirkungen des Vulkanismus dringen nicht immer nothwendig aus dem Erdinnern bis an die Oberfläche der Erde empor, oft bleiben sie auch innerhalb der Erdrinde stecken und erreichen nicht einmal deren äusserste, peripherische Theile: so hat man die **vulkanischen Aeusserungen im eigentlichen Sinne** und die **plutonischen** oder **abyssodynamischen** unterschieden. Dass sie nicht wesentlich verschieden sind in der erregenden Ursache, sondern dass sie nur verschieden gestaltete Wirkungen, nur wechselnde Formen derselben Kräfte sind, das hat die Geologie mehr und mehr zu erkennen vermocht. Dort wo die

vulkanischen Aeusserungen an die Erdoberfläche emportreten und ihre Produkte unter mehr oder weniger heftigen Erscheinungen des Ausbruches zu Tage fördern, dort entsteht ein Vulkan im weitesten Sinne. Im engeren, freilich ohne Zweifel zu eng begrenzten Umfange, versteht man unter Vulkan nur einen feuerspeienden Berg. Heisse Quellen, Emanationen heisser Dämpfe und Gase gehören nach dieser vulgären Auffassung nicht eigentlich zu den Vulkanen, wenn auch die erregende Ursache als eine vulkanische gilt und sie auch lokal mit Vulkanen in Verbindung stehen. Je mehr sich die vulkanischen Processe und ihr Verlauf, soweit sie nur in der Erdrinde sich abspielen, ohne an die Erdoberfläche emporzusteigen, einer genaueren Beobachtung entziehen, umsomehr wird der oberirdische Vulkan, seine Entstehung, Thätigkeit, Entwicklung, seine Produkte und seine geologischen Wirkungen der wichtigste Schlüssel zum Verständnisse des Vulkanismus überhaupt. Die an der Erdoberfläche sich findenden Stellen vulkanischer Aeusserungen, das sind also Vulkane im weiteren Sinne, befinden sich aber entweder noch im Stadium ihrer Thätigkeit oder sie sind erloschen oder gelten wenigstens für erloschen. Viele Beispiele haben gezeigt, dass die Kennzeichen erloschener Vulkane nicht immer zuverlässig sind, dass man die Phasen der Ruhe für den Zustand vollkommenen Erlöschens halten kann, ohne dass dieses wirklich eingetreten. Der Epomeo auf der Insel Ischia galt vor dem Jahre 1302 als vollkommen erloschen, denn eine fast 2000 jährige Zeit der Ruhe ging der Eruption dieses Jahres, welche den Lavastrom del Arso aus der Flanke des Berges hervorstiess, voran. Selbst der Vesuv wurde vor dem Jahre 79 n. Chr., als er mit jener vernichtenden Eruption, welche Herculanum und Pompeji zerstörte, wieder in Thätigkeit trat, nicht für einen thätigen Vulkan gehalten. Der Gunung Gelungung auf Java hatte am 8. Oct. 1822 eine verheerende Eruption, vorher war er, soweit menschliches Gedenken zurückreichte, nicht als ein noch thätiger Vulkan angesehen worden.

Nur selten freilich ist die Entstehung eines Vulkanes in einem Gebiet zu Menschenzeiten beobachtet worden, in dem nicht an anderen Stellen die deutlichen Anzeichen, wenn auch schlummernder vulkanischer Thätigkeit doch bekannt waren. Das war auch in den angeführten Beispielen der Fall. Das zeigt, dass die Bedingungen des Erlöschens nicht solche sind, welche die eine Ausbruchsstelle für sich betreffen, sondern dass sie regional eintreten, für ganze Gebiete zugleich. Und so lassen sich Gebiete erloschener vulkanischer Thätigkeit von solchen unterscheiden, in denen noch die Anzeichen der Thätigkeit vorhanden sind. Gleichwohl können in letzteren manche einzelne Ausbruchsstellen wie erloschen scheinen. Ist aber in einem ganzen zusammengehörigen und für sich nach aussen begrenzten Gebiete alle Thätigkeit gleichmässig erloschen, so ist die Wahrscheinlichkeit eine nur äusserst geringe, dass in einem solchen Gebiete neue vulkanische Ausbrüche sich ereignen, wenn nicht die jetzt daselbst obwaltenden geologischen Bedingungen eine wesentliche Umgestaltung erfahren. Dass eine der Bedingungen zur Thätigkeit eines Vulkanes, vielleicht die wesentlichste, in der Lage desselben nahe einer bedeutenden Meeresdepression zu sehen ist, das scheint sich aus einer Betrachtung der geographischen Vertheilung der wirklich heutigen Tages noch als thätig zu bezeichnenden Vulkane ohne Weiteres zu ergeben.

Es sollen hierbei zunächst nur solche Vulkangebiete aufgeführt werden, in denen auch in historischer Zeit, also unter Bedingungen der Lage, wie sie der heutigen Vertheilung von Meer und Festland entsprechen, Ausbrüche sich ereignet haben.

I. Gebiete noch jetzt thätiger Vulkane.

Europa. Dieser Welttheil besitzt noch thätige Vulkane nur in seinen mediterranen Küstenländern Italien und Griechenland.

Ob die im südlichen Italien gelegenen noch thätigen Vulkane alle zu einem einzigen Gebiete zu rechnen sind, oder ob man dieselben in getrennte Gebiete zu unterscheiden hat, das ist eine Frage, die wohl noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden ist. Wenn auch manchmal eine gewisse Wechselbeziehung in den Eruptionen, ein Zusammenfallen sich steigernder Thätigkeit bemerkt wurde, so scheint doch die Annahme, dass thatsächlich ein unterirdischer Zusammenhang zwischen diesen Gebieten bestehe, nicht nur nicht erwiesen, sondern im Gegentheile eher unwahrscheinlich zu sein.

Die thätigen Vulkane von Süd-Italien scheinen sich in 4 Gruppen zu zerlegen: das Gebiet der Vulkane um Neapel, die Liparische Gruppe, der Aetna und das sicilianisch-afrikanische Gebiet um Pantelleria.

Das Gebiet der Vulkane von Neapel besteht aus dem Vesuv und den Vulkanen der phlegräischen Gefilde, zu welchen auch Ischia mit den benachbarten Inseln Procida und Vivara zu rechnen ist.

Der Vesuv ist in jeder Beziehung einer der interessantesten Vulkane der Erde: der am besten gekannte, von typischer Gestalt, grosser Mannigfaltigkeit der Eruptionen und deren Produkte.

Frei und isolirt erhebt sich der Vesuv aus einer mit vulkanischen Trachyttuffen bedeckten Ebene bis zu der Höhe von ca. 1200 m auf einer fast kreisförmigen Basis, deren Durchmesser ca. 12900 m misst. Allmählich erhebt sich über dieser mit einer Neigung von nur wenigen Grad beginnend und endlich in den oberen Theilen bis zu einer Neigung von 25° Grad sich steigernd der regelmässig kegelförmige Berg. Von Neapel aus gesehen, erscheint er zweigipflig, aber der nun zur linken des eigentlichen Kegels liegende Gipfel ist nur das Profil eines alten z. Th. stehen gebliebenen Ringwalles, der Monte Somma. Dieser Ringwall war der alte Krater, der also viel grössere Dimensionen hatte als der heutige und der wahrscheinlich bei der ersten historisch bekannten Eruption des Vesuvs im Jahre 79 n. Chr. in seinem ganzen südlichen Theile zertrümmert wurde. So steht jetzt nur noch ein Segment des alten Kraterringes nach N. und N.-O. aus zwei getrennten Stücken bestehend, einem kleineren, auf welchem das Observatorium erbaut ist und dem grösseren zusammenhängenden nördlichen Theil, den man von Neapel aus als zweiten Gipfel links, von Castellamare im Süden aus rechts neben dem jetzigen Eruptionskegel aufragen sieht. Die auch in der Form des Berges äusserlich erkennbare Terrasse der Piedimontina oder le Piane bezeichnet den alten Kraterboden, auf welchem sich dann, etwas excentrisch gestellt, der jetzige Eruptionskegel, der eigentliche Vesuv erhebt. Zwischen diesem und dem Halbkreise des Monte Somma zieht sich das tiefe Thal des Atrio del Cavallo hin.

Ausser dem centralen Vesuvkegel sind mehrere kleinere Kegel auf den Abhängen des Berges an den Stellen aufgeschüttet, an denen ein seitlicher Ausbruch der Lava erfolgte.

Der Monte Somma ist jetzt der unveränderliche Theil des Vulkanes, während der centrale Kegel seine Form und Höhe mit jeder Eruption ändert. Seit 1631 hat der Vesuv fünfmal seinen Kegel sehr wesentlich umgestaltet und die Höhe desselben ist darum auch immer eine ganz wechselnde. Sehr viel höher als jetzt ist der eigentliche Vesuvkegel wohl nie gewesen. Wenn man aber die

äusseren Conturen der Somma nach oben weiter zieht, so kommt man für den alten Kegel auf die Möglichkeit einer einst viel bedeutenderen Höhe.

In dem Gipfel des jetzigen Eruptionskegels mündet der Kraterschlot. Von einer bestimmten Form desselben kann hier keine Rede sein, da dieselbe fortwährend wechselt. Nach der Eruption von 1872 blieb ein tiefer Kessel übrig, der aber seitdem fast vollständig wieder erfüllt ist, so dass augenblicklich ein eigentlich grösseres Kraterbecken gar nicht vorhanden ist. Und so hat auch in früheren Zeiten Grösse und Form des Kraterbeckens fortwährend sich geändert. Das hängt mit der später noch zu erörternden Thatsache zusammen, dass die meisten Eruptionen des Vesuv eigentliche Gipfelausbrüche und keine seitlichen Durchbrüche in geringerer Höhe des Gesammtkegels sind.

Während die unteren Neigungsverhältnisse des Berges durchweg geringe sind, zeigt der jetzige Eruptionskegel bei einer Höhe von ca. 420 m über dem Boden des Atrio nur ausnahmsweise und in den steilsten Stellen wenig mehr als 30° Böschung.

Der innere Bau der Somma wird an deren dem Krater zugewendeten Steilwänden, welche man vom Atrio aus erreichen kann, sichtbar. Der ganze äussere Kegelmantel besteht aus concentrisch übereinander liegenden und alternirenden Schichten fester Laven und lockerer Tuffe, immer in deutlicher Parallelität und mit der gleichen nach aussen dem Berggehänge conformer Neigung sich einsenkend. In ihnen erkennt man die nach und nach durch Aufschüttung über einander gelagerten Ausbruchsprodukte dieses Kegels selbst, die seine allmähliche Erhöhung zu einem vielleicht vor der Zerstörung noch sehr viel bedeutenderen Kegel bewirkten. Durch diese concentrischen Schichten setzen in mehr oder weniger regelmässig radialer Stellung zahlreiche Gänge hindurch, nach allen Richtungen vom Centrum des Vulkanes ausstrahlende Spalten, in welchen die hineindringende schmelzflüssige Lava erstarrte. Wie Mauern ragen solche Lavagänge aus dem Schichtenmantel hervor, dort, wo die Verwitterung die früher sie beiderseitig einschliessenden Tuffmassen fortgeführt hat.

Alle seitlichen Ausbruchsstellen sind nichts anderes als solche Spalten. Von ihnen aus ergossen sich die Lavaströme radial nach allen Richtungen, da aber den jetzt und überhaupt seit 79 n. Chr. aus dem centralen Kegel hervorbrechenden Lavamassen nach Norden und Osten der hier aufragende Wall der Somma ein Hinderniss bot, so flossen alle Ströme nur nach N.-W., W. und S. also immer dem Meere zugewendet, abwärts. Die zwischen früheren Lavaströmen liegenden Tiefen bildeten die Thalwege, denen ein späterer Strom folgte und ganz besonders war es die alte Lücke im Somma-Ringwalle, welche zwischen dem Theile, der das Observatorium trägt und dem weiter nördlich gelegenen höchsten Theile der Somma, der Punta Nasone liegt, fossa della vetrana genannt, sowie eine südlich vom Rücken des Observatoriums gelegene Schlucht, die fossa grande, durch welche einige der neueren Ströme ihren Weg den Berg hinunter nahmen, z. B. die Lava von 1855, 1858 und 1872.

Dass auch von der Aussenseite der Somma, des früheren Kraters, ganz so wie jetzt aus dem inneren Eruptionskegel Lavaströme sich ergossen haben, das zeigen z. B. alte Laven, welche bis in die Gegend des Dorfes Somma nördlich des Monte Somma als Untergrund dieses Ortes gefunden werden.

Es ist demnach der Monte Somma auch hiernach thatsächlich nur als ein alter, grosser Eruptionskegel gekennzeichnet, in dessen halb zerstörtem Krater der neue Eruptionskegel sich einschob.

Auch die Gesteine beider Kegel sind durchaus identisch: es sind die leucitreichen Gesteine in dem Sommamantel, zwar häufig durch besondere Grösse der Leucitkrystalle ausgezeichnet, jedoch fehlen diese auch den neueren Laven nicht. Die ganze Mineralassociation ist aber den Sommagesteinen und den neueren Laven gemeinsam. (Siehe über Zusammensetzung der vesuvischen Laven Artikel Gesteine Bd. II. pag. 51).

Von ganz besonderem Interesse und durch den grossen Reichthum an neugebildeten Mineralen ausgezeichnet sind die sogen. Auswürflinge, welche sich in den alten Tuffschichten des Monte Somma finden. Diese Auswürflinge sind Bruchstücke älterer Gesteine, welche der Schichtenreihe der Apenninenformation angehören, durch welche der Schlot des Vulkanes in der Tiefe hindurchsetzt. Bruchstücke von Kalkstein und Dolomit haben unter der Einwirkung des Magma's der Lava zu der Neubildung von kalk- und magnesiahaltigen, meist schön krystallisirten Mineralen Veranlassung gegeben.

Die älteren Tuffe, welche im Kegel der Somma auftreten, sind ebenso zusammengesetzt, wie diejenigen, welche auch als älteste Bildung die Basis des Vulkanes ausmachen und welche in den phlegräischen Feldern in grosser Ausdehnung und Mächtigkeit sich finden. Es ist ein z. Th. erdiges, lockeres, aus feinsten Theilchen zusammengesetztes, z. Th. festeres und grobkörnigeres Aggregat kleiner Mineralpartikelchen (dieselben Mineralbestandtheile, welche auch die feste Lava enthält) mit Bimstein und Glasfetzen untermischt. Die losen Aschen, welche bei einer Eruption aus dem Krater emporgeschleudert werden, zeigen ganz dieselbe mineralogische Zusammensetzung wie die Tuffe. In den ältesten Tuffen haben aber verschiedenartige Zersetzungs- und Umwandlungsvorgänge die ursprüngliche Beschaffenheit mehr oder weniger verändert. Wie für die heutigen Aschen, so sind auch für die älteren Tuffe die oft in grosser Menge darin vorkommenden losen, scharf ausgebildeten Krystalle von Mineralen: Augit, Hornblende, Leucit charakteristisch.

Die Asche und Tuffe sind nach ihrer Zusammensetzung nichts anderes als das fein, durch die explosiven Wirkungen aus dem Kraterschlote zerstäubte Magma, aus welchem bei regelmässiger und langsamer Erstarrung nach dem Ausströmen über die äusseren Gehänge des Vulkanes sich die feste Lava bildet.

Diese Aschen und Tuffe werden oft bei einer und derselben Eruption in kurzer Zeit in ganz ungeheuren Mengen ausgeworfen. Die Aschenschicht, welche bei der Eruption im Jahre 79 n. Chr. Herculanum und Pompeji bedeckte, hat eine Mächtigkeit von nahezu 30 Meter.

Die ältesten Tuffe, welche als die Unterlage der vesuvischen Bildungen erscheinen, von gelber Farbe *(tuffo giallo)* erweisen sich durch die in ihnen enthaltenen Reste von Meeresconchylien als submarin gebildet. Darüber erscheinen erst graue Tuffe, welche *(tuffo bizio)* keinerlei solche Reste mehr führen und welche äquivalent sind mit jenen der phlegräischen Gefilde. Die Tuffe, welche diese Kratere zusammensetzen, sind auch nicht mehr submarin gebildet. Aber der erste Anfang der vulkanischen Thätigkeit im Gebiete des Vesuv ist unzweifelhaft durch untermeerische Eruptionen gemacht worden.

Auch die unter dem Einflusse der an die Erdoberfläche entweichenden gasförmigen Stoffe gebildeten Produkte sind am Vesuv besonders mannigfaltig und gut bekannt.

Unter den Exhalationen und Dämpfen, welche besonders bei den eigentlichen Eruptionen eine Rolle spielen, herrscht der Wasserdampf vor allen vor.

Mit ihm treten Salzsäure, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Kohlensäure, Wasserstoff und Stickstoff aus dem Vulkane aus. Hierzu kommt noch der Sauerstoff aus der Atmosphäre, so dass zur Bildung mannigfacher Sublimationsprodukte die Veranlassung geboten ist.

Die Stellen, an welchen Dämpfe und Gase aus dem Vulkane entweichen, nennt man Fumarolen. Solche finden sich entweder im Gipfelkrater selbst oder über die Lavenströme, bei ihrem Fliessen hin verbreitet, die Spiragli oder Zuglöcher. Jenen entstammt die Dampfwolke, welche auch in Zeiten geringerer Thätigkeit über dem Krater schwebt, diese sind nur bei einem Lavaausbruch zu beobachten.

Je nach dem Zustande des Vulkanes ändert sich der Charakter der entweichenden Gase. Ganz besonders ist z. B. am Vesuv das Austreten der Salzsäure für die Zeit gesteigerter Thätigkeit charakteristisch. Kochsalz ist ein ganz regelmässig auftretendes Produkt, welches aus den Fumarolen eines frisch geflossenen Lavastromes durch Sublimation sich bildet. Daher erscheint ein solches Lavafeld schneeweiss, durch Auflösen des Chlornatriums, durch Regen oder an der feuchten Luft geht diese Farbe mehr oder weniger schnell verloren. Aus dem Chlornatrium geht bei Gegenwart von Wasserdampf in hoher Temperatur Salzsäure und Natron hervor, welches mit der Kohlensäure zu dem Carbonate sich verbindet. Dieses ist ebenfalls ein verbreitetes Produkt in den Höhlungen der Laven.

Im Zustande geringerer Erregung oder der Ruhe tritt die Salzsäure zurück und die schwefelige Säure dagegen mehr hervor. Kohlensäure bezeichnet das Ende einer Eruption. Die sogen. Kohlensäureexhalationen oder Mofetten sind auch in den Gebieten vollkommen erloschener vulkanischer Thätigkeit noch das einzige Ueberbleibsel einer solchen.

Besonders werden mit den gesäuerten Wasserdämpfen auch Dämpfe anderer flüchtiger Substanzen aus dem Krater oder den Fumarolen entwickelt. Z. B. die Chlorverbindungen: Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium, Eisenchlorid und Chlorür und andere Chlormetalle. Der am Vesuv häufig sich findende Salmiak (Chlorammonium) (in schönen tesseralen Krystallen) nimmt wohl sein Ammoniak meist direkt aus der Atmosphäre, jedoch scheinen auch Salmiakdämpfe direkt aus dem Krater zu entweichen.

Aus den Chlorverbindungen gehen durch Einwirkung der schwefeligen oder der Schwefelsäure eine Reihe von Sulfaten hervor: Gyps, Bittersalz, Vitriole und Alaune.

Aus der Zersetzung des Chloreisens und Chlorkupfers durch Einwirkung der Wasserdämpfe entstehen: Eisenglanz und Tenorit, durch Zersetzung mit Schwefelwasserstoff: Covellin (Schwefelkupfer). Der Eisenglanz in glänzenden z. Th. recht grossen Tafeln und Blättern ist in den Hohlräumen der vesuvischen Laven eines der verbreitetesten Minerale.

In seinem ganzen Baue erläutert uns der Vesuv das Beispiel der successiven Bildung eines vulkanischen Berges. Mit submarinen Tuffausbrüchen beginnend schüttete er nachher einen breiten Kegel aus übereinander gelagerten Lavaströmen und Aschenmassen auf, der endlich mit einer gewaltigen Eruption seinen Gipfelkrater zerstörte und nun im Innern der Reste des alten Ringwalles dieses Kraters einen neuen Eruptionskegel in gleicher Art sich aufbaute. Dieser ist nun der Träger der vulkanischen Aeusserungen geworden.

Der erste Anfang des jetzigen Eruptionskegels wurde mit der Eruption vom

Jahre 79 n. Chr. gelegt. Erdbeben hatten schon vom Jahre 63 n. Chr. ab die neue Thätigkeitsepoche eingeleitet. Dabei war auch Pompeji zerstört worden und daher fanden sich, als es im Jahre 1879 aufgedeckt wurde, noch sehr viele unvollendete Bauwerke. Am Tempel der Isis, den man ebenfalls in neuerer Zeit unvollendet ausgegraben hat, steht die Inschrift: *N. Popidius aedem Isidis terrae motu conlapsam a fundamentis p. sua restituit.* Am 24. August 79 n. Chr. erfolgte die bekannte heftige Eruption, bei der Pompeji und Herkulanum unter den ungeheuren Mengen loser Auswurfsmassen begraben wurden. PLINIUS der jüngere, der diese Eruption, bei welcher der ältere PLINIUS an Schwefeldämpfen erstickte, ausführlich beschrieb, vergleicht zum ersten Male die mächtige Aschenwolke, welche dem Krater entstieg und die Sonne verfinsterte, wegen ihrer charakteristischen Form mit einer Pinie. Eine Reihe von Ausbrüchen folgten diesem ersten in den ersten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung nach. Der letzte dieser Ausbrüche, von denen nur wenig Genaueres bekannt ist, mag kurz vor 1500 erfolgt sein.

Die Eruption, welche dann nach einer nahezu 150 Jahre dauernden Ruhepause die jetzt noch fortdauernde Epoche anhaltender Thätigkeit einleitete, war die berühmte Eruption von 1631. Damals wuchsen im Vesuvkrater alte Bäume, Eichen und Steineichen und Wasser erfüllte seinen Boden. Durch 6 Monate fortdauernde Erdbeben, die an Heftigkeit stets zunahmen, gingen der Eruption voraus.

Am 17. December 1631, nachdem ungeheure Aschenmengen schon die Tage vorher aus dem Krater aufgestiegen und bis in grosse Entfernungen (Griechenland und Constantinopel?) fortgetragen worden waren, brach ein Lavastrom aus der westlichen Flanke des Berges hervor, der mit grosser Schnelligkeit sich ins Meer stürzte und in mehreren Armen über die Uferorte Verderben brachte. Ein Arm ging über Torre del Greco 200 Meter weit ins Meer hinaus und erstarrte zu einem schön säulenförmig abgesonderten Felsendamme.

Auch die Lava dieser Eruption ist durch manche mineralogisch merkwürdige Produkte ausgezeichnet. (Vanadiumhaltige Incrustationen.)

Der Gipfel des Eruptionskegels war in Folge dieses Ausbruches um ein Beträchtliches erniedrigt worden und ein weiter, tiefer Kraterschlund war zurückgeblieben. In diesem schüttete sich durch die aus dem Schlote emporgeschleuderten Aschen- und Schlackenmassen ein neuer Kegel auf, der im Jahre 1689 um über 100′ emporwuchs und dann über den äusseren Kraterrand hinausragte. Aber erst um das Jahr 1730 hatte der Vesuvkegel wieder die Höhe der Somma erreicht. In demselben Jahre jedoch wurde wieder der Gipfel zertrümmert, und der Vesuvkegel war wieder niedriger als die Somma. In diesen Vorgängen erkennt man schon den für die Thätigkeit fast aller Vulkane giltigen Satz, der in den hydrostatischen Gleichgewichtsschwankungen zwischen Lava und Kegelmantel bedingt ist: die kleinen, ruhigen Ausbrüche erhöhen die Kegel der Vulkane, die grossen, gewaltsamen erniedrigen dieselben.

Im Jahre 1737 am 20. Mai erfolgte ein mächtiger Lavaausbruch, welcher einen Strom von etwa 11 Millionen Cubikmeter Volumen lieferte, der einen Theil von Torre del Greco zerstörte.

Am 15. Juni 1794 flog der ganze Boden des im Vesuvkegel damals befindlichen Kraters in die Luft und in die westsüdwestliche Flanke des Kegels gerade über der Piedimontina riss eine ca. 2000′ lange und 100′ breite, nach Südwest gerichtete Spalte auf, der ein mächtiger Lavastrom entfloss. Acht Eruptions-

schlünde bauten sich auf der Spalte auf. Der Lavastrom ging in einer Breite von 500 Meter und 15 Meter hoch nach Torre del Greco hinunter, zerstörte einen Theil dieses Ortes und erstreckte sich als eine immer noch ca. 8 Meter hohe und 400 Meter breite Mauer noch 200 Meter weit ins Meer hinaus, erstarrte jedoch nicht regelmässig prismatisch.

Die erste grössere Eruption in diesem Jahrhundert ereignete sich im October 1822. Schon Ende December 1820 riss im Atrio eine Spalte auf, welche mit 6 Eruptionskegeln in einer Reihe sich besetzte, deren oberster am Fusse des grossen Kegels, der unterste dicht am Rande nach der Fossa della Vetrana zu gelegen war. Der thätigste dieser Kegel hatte bald eine Höhe von 20 Meter und einen Durchmesser von 60 Metern durch schnelle Aufschüttung ausgeschleuderter Schlackenmassen erreicht. Am Fusse dieses Kegels entströmten der Spalte eine sehr leichtflüssige und daher ziemlich ebenflächig erstarrende Lava. Jene Stelle ist jetzt nicht mehr zu sehen.[1]) In denselben hatte sich am 16. Januar 1821 ein Franzose L. Coutrel gestürzt, daher war er Bocca del francese genannt worden.

Bis in das Jahr 1822 blieb der Vulkan in immer sich steigernder Erregung, im Februar ereignete sich schon ein Ausbruch, aber erst im October trat die eigentliche, diese Phase abschliessende Katastrophe ein.

Die Aschenmengen, welche während dieser Eruption vornehmlich am 22. October in Gestalt einer mächtigen Rauchpinie (es existirt davon eine schöne von Poullet Scrope reproducirte Abbildung) dem Gipfelkrater entstiegen, waren ganz ungeheuer, sie fielen bei ruhiger Atmosphäre rings um den Vesuv nieder und bildeten mit Wasser untermischt eine wahre Tuffschicht. Auch gewaltige Blöcke wurden weithin ausgeschleudert.

Am 23. October brach der obere Theil des Kegels zusammen, zwei Lavaströme ergossen sich über die Piedimontina nach Bosco tre Case und nach Resina zu hinunter, ein dritter floss nach Torre del Greco zu.

Nach der Eruption war die Form des Kegels vollständig verändert. Er war bedeutend niedriger geworden und seine Basis breiter, die Piedimontina hatte sich durch die Lavenströme und losen Auswurfsmassen um 60 Meter erhöht. Der Krater war ein grosser, elliptischer, ca. 230 Meter tiefer Schlund, dessen Rand durch fortwährende Einstürze sich erniedrigte.

Im Innern desselben blieben mannigfache Aeusserungen und wechselnde Gestaltung im Einzelnen obwaltend, obwohl nach aussen der Vulkan den Eindruck der Ruhe machte. Im Jahre 1828 und gegen 1830 hin waren aber schon wieder mancherlei Anzeichen für die Zunahme der Thätigkeit wahrzunehmen. Kleinere und grössere Aschenausbrüche aus dem Gipfel fanden statt, hin und wieder strömten Lavamassen aus den Flanken des Kegels hervor und wälzten sich nach und nach, je nachdem sie durch Nachschub aus dem Kegel heraus Nahrung erhielten, den Abhang des Berges hinunter. Das dauerte mehrere Jahre lang. Hin und wieder schien sich der Vulkan vollständig beruhigen zu wollen, sodass selbst jede Rauchentwicklung aufhörte, z. B. im April 1834. Aber das war nur scheinbar, in Wirklichkeit drängte die innere Arbeit wieder auf eine grössere Katastrophe hin, welche im August 1834 begann und bis zum 2. Sept. währte. Ein mächtiger Lavastrom floss nach Mauro hin; die Gestalt des Kraters wurde durch den Einsturz des im Inneren aufgeschütteten Kegels ganz umge-

[1]) Die Eruptionen von 1855, 58 und 72 haben sie vollständig überschüttet.

staltet. Im Jahre 1838 im August erfolgte wieder ein Ausbruch, aber im Anfange des Jahres 1839 die heftigste Aeusserung seit 1822 mit mächtigem Aschen- und Lapilliregen und zwei Lavaströmen nach Bosco tre Case und Resina zu.

Vom Jahre 1840 bis 1850 blieb die Thätigkeit im Inneren des nach dem letzten Ausbruche zurückgebliebenen Kraters eine ununterbrochene, aber ohne dass erhebliche Aeusserungen sich nach aussen zu bemerkbar gemacht hätten. Die innere Configuration des Kraterbodens änderte sich fortwährend. Die Erhöhung desselben und die Ausfüllung eines seit 1839 vorhandenen Schlundes schritt immer fort, im Jahre 1845 war der Kraterboden wieder fast eine Ebene, über welche sich ein innerer Eruptionskegel aufschüttete, der im Jahre 1850 schon um einige Meter höher war, als der Rand des Gipfelkraters in seiner höchsten Stelle, der Punta del Palo. Diese Erhöhung des inneren Kegels war die natürliche Folge der während dieser ganzen Zeit von 11 Jahren sich folgenden Ausbrüche. Ende 1849 und Anfang 1850 wurden dieselben seltener, offenbar durch den inzwischen erschwerten Ausweg, und so stürzte am 23. Januar 1850 der innere Kegel wieder zusammen, und am 5. Februar brach ein Lavastrom in das Atrio hinaus, dem am 9. ein zweiter, tiefer am Vesuvkegel durchbrechender Strom nachfolgte. Hiermit schien zunächst wieder die Ruhe einzutreten.

Auch bei diesem Ausbruch erhielt der obere Theil des Vesuvkegels wieder eine ganz neue Gestaltung: im Krater entstanden zwei tiefe, runde Schlünde. Die Gipfelausbrüche, welche vor dieser Eruption ununterbrochen sich gefolgt waren, hörten nun ganz auf, und es folgte eine fast fünfjährige Zeit der Ruhe. Keine Explosionen nnd keine Lavagüsse fanden statt. Eigentlich fast unvermuthet ereignete sich dann im Jahre 1855 wieder ein heftiger Ausbruch.

Ein Lavastrom brach aus der Nordseite des Kegels hervor, ergoss sich in das Atrio del Cavallo und von hier abwärts durch die Fossa del Vetrana nach den Orten San Sebastiano und Massa zu, in deren Nähe der Strom zum Stehen kam, ohne diesen Orten Schaden zu thun. Der nächste Ausbruch trat im Gefolge der grossen Erdbeben ein, welche Süd-Italien, besonders Calabrien im Jahre 1858 heimsuchten. Am 21. Mai ergoss sich aus sieben auf der Nord- und Nordwestseite des Kegels eröffneten Schlünden ein Lavastrom, der sich auf beiden Seiten des Rückens, auf welchem das Observatorium steht, abwärts bewegte und viel zur Erfüllung der Thäler zu beiden Seiten, der Fossa grande vornehmlich beitrug. Ein zweiter Lavastrom floss nach Pompeji, und endlich ergoss sich auch Lava in der Richtung von Resina.

Im Jahre 1861 am 8. December bildeten sich auf einer Spalte nur wenig oberhalb von Torre del Greco elf kleine Kegel, deren einer einen kleinen Lavastrom ergoss. Heftige Erdbeben erschütterten Torre del Greco. Von dieser Zeit an datirt wieder eine gesteigerte Thätigkeit, welche im Februar 1865 in häufigeren Explosionen im Krater und in kleinem Lavaerguss sich kundgab.

Auch im Winter 1867—68 fanden mehrere unbedeutende Lavaergüsse statt. Fortwährend aber ereigneten sich bedeutende Ascheneruptionen. Der Kegel schien im Anfange 68 an allen Seiten wie durchlöchert, überall drangen kleine Lavenmassen hervor. Der Gipfel des Vulkans zeigte in der ganzen Zeit eine immer wechselnde Gestaltung. Im Allgemeinen baute sich der Kegel höher auf. Der letzte Krater wurde nach und nach erfüllt, und im Jahre 1871 war der oberste Theil des Kegels durch ein Plateau begrenzt, auf welchem mehrere Kraterschlote sich einsenkten. Ueber dem einen baute sich ein Lavakegel auf, aus welchem im Laufe des Jahres 1871 mächtige Dampf- uud Rauchsäulen

emporstiegen. Im April 1872 stand über diesem Kegel dauernd die Gluth, das Anzeichen stets vorhandener gluthflüssiger Lava. Am Fusse desselben strömte am 22. April langsam Lava aus, welche bis ins Atrio hinunterreichte. Im Laufe des 24. brachen an verschiedenen Stellen kleinere Lavamassen hervor. Die Explosionen aus dem Kegel und im Innern des Berges tobten immer heftiger. Am 25. erneuter Lavaerguss, der bis ins Atrio hinunterstürzte.

Am 26. April morgens zwischen 3 und 4 Uhr wurde mit gewaltiger Explosion der Vesuvkegel vom Gipfel bis ins Atrio hinunter gespalten, gerade der Punta del Nasone in der Somma gegenüber. Eine mächtige Dampfsäule stieg bis zu ca. 5000 Meter empor, Aus der Spalte drang Lava hervor, und ihren Weg erkannte man an den rauchenden Fumarolen, welche über sie ausgebreitet waren. 3 getrennte Lavaströme waren zu unterscheiden, der eine floss nach Torre del Greco zu, einer gegen Camaldoli, und der dritte Hauptstrom ging rechts durch die Fossa della Vetrana über den Strom von 1855 hinunter, theilte sich in zwei Arme und ging einerseits durch die Fossa di Faraone zwischen S. Sebastiano und Massa di Somma durch, diese Orte theilweise zerstörend, andererseits nach S. Giorgio und Cremano zu. Dieser letztere Arm gabelte sich nochmals, ehe er zum Stehen kam.

Der Wind hatte die Rauchsäule nach Süden geführt, und dorthin senkten sich vorzüglich die Aschenmengen nieder. Den ganzen 26. und 27. stand der Vesuv von undurchdringlichen Aschenwolken verhüllt mit fortwährendem Erzittern und Donnergebrüll da. Erst am 29. und 30. nahm die Thätigkeit auffallend ab und am 3. Mai sah man von Neapel aus zum ersten Male den Vesuv wieder klar und hell, ganz schwarz von den frischen Aschen, die neugeflossenen Lavafelder mit weissen, salzigen Sublimationsprodukten wie mit einer Schneedecke überzogen.

Die ganze Gestalt des Kegels war verändert. Vom Atrium aus gesehen war er zweigipfelig geworden. Ein Riss lief wie eine tiefe steile Schlucht am Nordabhange des Kegels hinunter bis ins Atrio. Deutlich zeigte sich an den beiden Lippen dieser gewaltigen Narbe der regelmässige Schichtenbau des Eruptionskegels. Am unteren Ende der Spalte lag die Hauptquelle der Lava. Zahlreiche Trümmerhaufen, gebildet aus dem Materiale des aus dem Kegelmantel herausgesprengten Streifens waren als eine aus Hügeln bestehende Schutthalde vorgelagert. Der Boden des Atrio war hier bis zu 6 Metern höher geworden. Massenhafte Schlackenstücke und lose, runde Bomben lagen überall umher.

Der Krater selbst war als ein tiefer Kessel übrig geblieben, die niedrigste Stelle seines Randes war durch die Spalte gebildet. Durch diese Scharte, die sogen. Finestra vermochte man von dem Rücken der gegenüberliegenden Somma aus in den Krater hineinzusehen.

Nach dieser gewaltigen Eruption, einer der mächtigsten dieses Jahrhunderts und einer der bedeutendsten überhaupt, trat zunächst eine mehrjährige Periode ruhiger Thätigkeit ein. Im Inneren des tiefen Kraterschlundes fingen erst nach ein paar Jahren die explosiven Schlackenauswürfe wieder an und schütteten einen neuen inneren Kegel auf, an dessen Fusse allmählich auch Lava hervordrang. Diese erfüllte nach und nach den Kraterschlund und am 2. Nov. 1878 floss sie zum ersten Male über den Rand der obengenannten Scharte, der Finestra hinüber ins Atrio hinunter. Mehr und mehr erfüllte sich im Laufe der nächsten Jahre bei unausgesetzter, aber im Ganzen wenig intensiver Thätigkeit der alte Krater und der neue Eruptionskegel wuchs in die Höhe. Im Jahre 1881 ragte die Spitze desselben schon über den Kraterrand hinaus; die Finestra ist jetzt ganz

erfüllt und mehr und mehr wird der alte Krater durch neue Massen erfüllt und der innere Kegel zum Verschmelzen mit den Conturen des äusseren Kegels gebracht. Diese Periode einer ruhigen aufbauenden und den Kegel erhöhenden Thätigkeit, welche noch jetzt, 1885, fortdauert, immer auch mit dem Hervorquellen kleiner Lavaströme verbunden, wird ohne Zweifel in nicht allzuferner Zukunft wieder mit einer gewaltigen Explosion und zerstörendem Ausbruche endigen, wie ähnliche vorausgegangene Phasen.

Die Laven des Vesuv zeigen bemerkenswerthe Unterschiede in ihrer Erstarrungsoberfläche. Man unterscheidet eine Schollen- oder Blocklava, wie sie die Eruption von 1872 z. B. geliefert hat und eine Fladenlava, wie sie den Strom vom Jahre 1858 bildet. Jene erstere zeigt eine zerhackte, zerfetzte Oberfläche, bewegt sich in Schollen zerbrechend und zerklirrend, erstarrt unter massenhafter Dampfentwicklung, fliesst rasch und erstarrt schnell. Die zweite Art bildet eine mehr ebenflächige, kuchenförmige Oberfläche mit gedrehten, oft seilförmig gewundenen Gestalten, fliesst und erstarrt ohne besonders reichliche Dampfentwicklung ruhig und allmählich, fliesst zäher und langsamer und erkaltet langsamer als die Schollenlava.

Auf die möglichen Ursachen dieser Verschiedenheiten kommen wir später noch zurück.

Die phlegräischen Gefilde. Bezüglich der dichten Häufung von Kratern sind diese eine merkwürdige Planetenstelle. Eine Karte derselben ist nicht unähnlich einer kraterbedeckten Mondlandschaft. Mit dem Vesuv stehen die Kratere dieses Gebietes in keinem nachweislichen Zusammenhange. Die letzte Eruption im Jahre 1538, welche den Monte nuovo aufschüttete, fand zu einer Zeit statt, wo der Vesuv vollkommen ruhig war. Charakteristisch für das phlegräische Gebiet ist die grosse Menge der regellos über dasselbe zerstreuten Kegel, viele blosse Tuffkegel im Gegensatze zu dem centralen Kegel des Vesuv. Dort ein häufiger Wechsel in den Ausbruchsstellen, hier derselbe centrale Schlot für alle Ausbrüche thätig. Auch bezüglich der Beschaffenheit der Laven eine durchgreifende Verschiedenheit, der charakteristische Bestandtheil der vesuvischen Gesteine, der Leucit, fehlt hier fast ganz: die Gesteine sind echte Sanidingesteine (s. d.) Trachyte im eigentlichen Sinne und ebenso auch die Tuffe. Die bemerkenswerthesten Kratere der phlegräischen Gefilde sind:

Die grosse Solfatara bei Puzzuoli ist ein fast ganz geschlossenes ovales Kraterbecken mit ebenem Boden, aus dessen Spalten Fumarolen vorzüglich von schwefliger Säure emportreten. Der Kraterrand besteht aus Tuff und Trachyt. Der südlich von der Solfatara nach dem Meere vorspringende Monte Olibano ist vermuthlich das Ende eines Lavastromes, der aus echtem Sanidintrachyt besteht. Wann er entstanden, weiss man nicht. Die Solfatara soll noch im Jahre 1198 einen Ausbruch gehabt haben.

Durch seine Grösse und Regelmässigkeit ist der Krater des Astroni ausgezeichnet, der einen längeren Durchmesser von ca 2. Kilom. hat. Der Hauptmasse nach besteht der Kraterrand aus deutlich geschichtetem hellfarbigem Tuff.

Sehr wohl erhalten und ganz aus Tuff bestehend ist der Krater der kleinen Insel Nisita.

Auch in dem von M. Gauro und M. della Corvara begrenzten Krater des Campiglione und dem kleinen Krater von Cigliano ist die Form trotz der nur aus Tuff gebildeten Umwallung scharf erhalten. Der Monte nuovo, der jüngste unter den hier liegenden Kratern entstand bei einer Eruption im September

1538. Er ist ein ca. 130 Meter hoher Kegel mit regelmässigem Krater ganz aus Bimstein und losen Schlackenstücken aufgeschüttet. Die Aufschüttung erfolgte so schnell, dass man an eine plötzliche Erhebung des Berges glauben mochte. Für die jetzt gänzlich überwundene Erhebungstheorie, wie sie vornehmlich von Leop. von Buch aufgestellt und verfochten wurde, galt dieser Krater daher als ein besonders gültiger Beweis. Sein Material zeigt, dass er nur durch Aufschüttung entstand. Am Südwestabhange scheint ein kleiner Lavastrom hervorgebrochen zu sein.

Die ganze Küste von hier bis nach Cap Miseno besteht ganz aus geschichteten Tuffen, ebenso die vorliegenden Inseln Procida und Vivara.

Zu dem Gebiete der phlegräischen Gefilde gehört auch die Insel Ischia, obschon dieselbe für sich die Charaktere eines Centralvulkanes an sich trägt. Sie stellt im ganzen einen einzigen Kegel dar, dessen Basis aus tertiären Kalksteinen und Mergeln besteht, über welchen trachytische Tuffe und Trachytströme ausgebreitet liegen. In der Mitte der Insel erhebt sich der Monte Epomeo (800 Meter), ein an der Südseite offener Kraterhalbkreis. Die Tuffe, welche die Basis des Berges bilden, sind bis zu ca. 500 Meter fossilienführend und daher submariner Entstehung.

Auf den Abhängen des centralen Kegels liegen vornehmlich nach N. und N.-W. eine Reihe von ca. 12 seitlichen Ausbruchsstellen mit zum Theil deutlichen Krateren.

Die einzige historische Eruption fand im Jahre 1302 statt, welche den grossen Lavastrom del Arso lieferte, der von einer auf der nordwestlichen Bergflanke gelegenen Stelle, Cremate genannt, seinen Ausgang nahm. Das Gestein ist ein Sanidintrachyt. Noch heute erscheint der Stein frisch und gänzlich unverwittert, was wohl auf eine grosse Flüssigkeit der Lava bezogen werden kann.

Auf Ischia sowie in den phlegräischen Gefilden bezeugen zahlreiche heisse Quellen und Gasexhalationen (Averner See, Hundsgrotte) die Fortdauer der vulkanischen Thätigkeit.

Westlich von Ischia liegen die Inseln Ventotene und San Stefano, sowie die Ponzainseln (Ponza, Palmarota und Zannone), ruinenhafte Reste längst erloschener Kratere.

Eine wichtige noch thätige und offenbar selbständige Vulkangruppe bilden die liparischen Inseln, welche zwischen Neapel und Sicilien, allerdings von der Nordküste letzterer Insel nur um 25 Kilom. entfernt, in zwei sich kreuzenden Reihen angeordnet liegen. Der Durchschnittspunkt der beiden Reihen ist die Insel Salina. In einer von N.-O. nach S.-W. verlaufenden Reihe liegen hintereinander die Inseln Stromboli, Panaria, Salina, Alicudi und Felicudi. In einer dazu senkrechten Reihe nach S.-O. liegen Salina, Lipari und Vulcano.

Salina erscheint auch dadurch als das natürliche Centrum der ganzen Gruppe, dass sein doppelgipfliger Kraterkegel der höchste der liparischen Kegel ist. Die regelmässige Form des Kegels und des nicht sehr tiefen runden Kraters von ca. 300 Meter Durchmesser sind ganz besonders hervorzuheben.

Die grösste Insel der Gruppe ist die Insel Lipari. Der Hauptberg der Insel ist der Monte Angelo, ein deutlich geschichteter Tuffkegel mit Lavaströmen und vollkommen erhaltenem Krater. Ein anderer Berg, der Campo Bianco, besitzt ebenfalls einen ausgezeichnet schönen Krater. Die ganze Insel stellt sich als eine Reihe dicht beieinander stehender vulkanischer Kegel dar, welche auf einer von N.-W. nach S.-O. gerichteten gemeinsamen Spalte liegen mögen. Lipari ist

ganz besonders durch das Vorkommen von Bimstein und Obsidianmassen ausgezeichnet. Campo Bianco liefert fast den gesammten seidenfasrigen Bimstein, der im Handel in Europa umgeht. In historischer Zeit haben auf Lipari keine vulkanischen Eruptionen stattgefunden.

Die Insel Vulcano trägt ebenfalls einen ca. 400 Meter hohen, aber breit und flach abgeschnittenen Kegel mit ringsum geschlossenem Krater. Unaufhörlich thätige Fumarolen von Schwefeldämpfen sind auf dem Berggipfel vorhanden. (Selenschwefel, Borsäure, Salmiak). Im Inneren des Kraters erhebt sich ein ca. 30 Meter hoher Eruptionskegel, dem ganz besonders heftige Schwefeldämpfe entströmen. Dieser Kegel ist bei den letzten Eruptionen in den Jahren 1775 und 1786 entstanden. Damals floss auch eine Obsidianlava aus dem Krater hervor.

Der kleine rauchende Krater Vulcanello, hängt nur durch einen schmalen Landstreifen mit der Insel Vulcano zusammen.

Von den Vulkanen der anderen Reihe ist der Stromboli der merkwürdigste. Er erscheint als ein steil rings aus dem Meere aufsteigender 900 Meter hoher Kegel, allseitig gleichmässig mit ca. 25—30° Neigung ansteigend. Etwas unter dem höchsten Gipfel nach N.-W. liegt der tiefe, aber nicht sehr weite Kraterschlund. In demselben ereignen sich in fast regelmässigen Intervallen von wenigen Minuten bis zu einer halben Stunde heftige Explosionen, welche unter steter Entwicklung von Dämpfen eine Menge von Schlackenstücken emporschleudern, welche dann grösstentheils in den Krater zurückfallen. Dann tritt eine kurze Ruhepause ein und der Ausbruch wiederholt sich. Diese nun schon seit Jahrhunderten wiederholte Thätigkeit erinnert in ihrer Intermittenz auffallend an die Geysirthätigkeit der heissen Quellen (vergl. Bd. II, 132). Es ist daraus zu schliessen, dass die Spannung, mit welcher die vulkanischen Gase empordrängen und der Druck, welchen die im Krater befindlichen geschmolzenen Gesteinsmassen und die Atmosphäre, ausüben nahezu im Gleichgewichte sich befinden. Eine nur geringe Verminderung dieses Druckes verschafft jener das Uebergewicht und führt zu einer explosiven Entladung. Dass diese Entladungen thatsächlich mit dem barometrischen Drucke zusammenhängen, ist beim Stromboli eine längst bekannte Thatsache. Mit der Abnahme des barometrischen Druckes steigert sich die Thätigkeit. So dient der Gipfel des Stromboli thatsächlich den Bewohnern als barometrisches Wahrzeichen.

Die südlich von Stromboli gelegenen Felsenklippen, deren bedeutendste Panaria und Basiluzzo, sind wahrscheinlich nur Reste eines zerstörten Kraters.

Die Insel Felicudi wird durch einen ca. 900 Meter hohen Kegelberg gebildet, in dessen Gipfel zwei Kratere eingesenkt sind. Alicudi, nur 450 Meter hoch, zeigt auf dem Gipfel seines Kegels ebenfalls noch die Spuren eines Kraters.

Die ganze Gruppe der Liparen stellt sich demnach dar als mehrere von einem Centrum ausstrahlende Reihen von Vulkanen. Denkt man sich den Meeresboden soweit gehoben, dass die ganze gemeinsame Unterlage der Inselgruppen trocken gelegt würde, so würde dieselbe wohl das Bild eines mächtigen Centralvulkanes mit 3 Reihen von grossen Lateralkegeln darstellen, deren Durchschnittspunkt in der Mitte zwischen Saline, Lipari und Panaria gelegen wäre. Wenn Saline etwa den alten, eigentlichen Centralkegel darstellte, so würde dieser allerdings eine etwas excentrische Lage gehabt haben.

Die Insel Ustica, 90 Kilom. westlich von Alicudi gelegen, gehört nicht

eigentlich mehr zu der liparischen Gruppe, ist aber vulkanisch wie diese, freilich mit einer Basis mariner Kalksteine.

Der Aetna ist unter den europäischen Vulkanen der gewaltigste und einer der mächtigsten Vulkane der Erde überhaupt. Ein nur durch vulkanische Aufschüttung gebildeter Kegel, erhebt er sich unmittelbar über dem Meere bis zu der Höhe von 3317 Meter empor. Ein gewaltiger Berg, nur während weniger Monate ist sein Gipfel frei von Schnee und Eis, alle Unterschiede der Klimate und ihrer Vegetation liegen auf seinem Kegel zonenweise übereinander. Seine Basis hat einen Durchmesser von 40 Kilom. und bedeckt eine Fläche von 1287 □ Kilom. So erscheint er im Profil als ein ganz flacher Kegel, dessen Seiten curvengleich aus geringerer Neigung zu steiler sich emporrichten.

Die fast kreisförmige Basis des Aetna wird von zwei Flüssen umströmt, welche fast die Grenze der ätnäischen Produkte bezeichnen und welche, an der Nordwestseite des Berges entspringend, der eine, der Alcantara nach Osten fliessend jenen im Norden begrenzen, der andere, der Simeto mit südlichem Laufe im Westen. Nach Osten steigt der Fuss des Berges ins Meer hinab; nach Süden liegt die Ebene der Terraforte von Catania, gebildet aus den alten Alluvionen des Simeto.

Als Unterlage der vulkanischen Bildungen erscheint die zum Pliocän zu rechnende Creta, welche aber von älteren Basalten durchsetzt wird, die an einigen Stellen auch sichtbar sind.

Jenseits der beiden die Basis des Aetna begrenzenden Ströme umgiebt ein von Taormina und Linguagrosse bis nach Centorbi sich im Halbkreise erstreckendes Gebirge den Vulkan, welches eine alte, durch Einsenkung entstandene Meeresbucht begrenzt. Auf dem Boden dieser Meeresbucht ereigneten sich die ersten vulkanischen Ausbrüche in diesem Gebiete ebenfalls submarin, wie die freilich grösstentheils südlich vom heutigen Aetnagebiet liegenden Tuffe im Val di Noto, welche zahlreiche Seeconchylien umschliessen, beweisen. Unter dem Aetna selbst sind die alten submarinen Tuffe, aus denen sein Kegel emporwuchs, vollständig verdeckt und daher nicht beobachtet worden. Aber die ältesten an der Basis der ätnäischen Aufschüttung sichtbaren Tuffe sind doch mit jenen submarinen Tuffen in ihrer petrographischen Ausbildung so übereinstimmend, dass man daraus ihre submarine Entstehung schliessen möchte.

Die Tuffe der cyklopischen Inseln (Fariglioni) und der Küstenfelsen von Aci Castello, sowie die von diesen begleiteten Basaltdurchbrüche, bekannt durch ihre schönen Zeolithe, vorzüglich Analcim, sind älter als die ersten Ablagerungen des eigentlichen Aetna und äquivalent jenen submarinen Ausbrüchen des Val di Noto.

In der Gestaltung des ganzen Berges treten 3 Theile als besonders wichtig hervor: Der centrale Kegel, die Valle del Bove und die Lateralkegel.

Der centrale Kegel erweist sich als elliptisch umgrenzt, die längere Achse desselben ist so ziemlich nach N.-W. gerichtet. Der Kegelmantel steigt auf der südöstlichen, Catania zugewendeten Seite flacher auf, als an der nordwestlichen Seite. Hierin prägt sich schon die excentrische Lage des Berggipfels aus. Derselbe wird gebildet durch den heute thätigen Eruptionskegel, welcher in einer Höhe von 350 Meter über einer Abplattung des oberen Centralkegels aufsitzt.

Diese Abplattung, welche fast kreisförmig um den Fuss des Eruptionskegels herumführt, hat den Namen Piano del Lago, weil sich dort in früheren Zeiten ein Wasserbecken befand.

In dem Rande dieses Plateau's erkennt man den Umkreis eines gänzlich ausgeebneten grösseren Kraters, der nach dem Einsturze des Gipfels im Jahre 1669 übrig geblieben war. In diesem erhob sich der jetzige Eruptionskegel in fast centrischer Stellung.

Auf dem Rande des Piano del Lago liegt die bekannte *Casa inglese* oder *etnea;* jetzt zu einem Observatorium für vulkanologische und astronomische Beobachtungen umgebaut.

Der Eruptionskegel ist ein dem Vesuvkegel in Form und Beschaffenheit gleichender Schlacken- und Aschenkegel. In seinen im Grossen und Ganzen durch die Eruptionen äusserlich nicht wesentlich umgestalteten Gipfel senkt sich ein tiefer Krater ein, der im Verhältnisse zu der Höhe des Aetna nur einen geringen Durchmesser von ca. 400 Meter hat.

Das Innere des Kraters zeigt fast nach jeder heftigeren Gipfeleruption eine etwas andere Gestaltung. Die Veränderungen sind aber auch hier nicht im Entferntesten so durchgreifende, wie sie der Krater des Vesuv nach jeder Eruption zeigt.

Im Jahre 1878 war der innere Krater ein tiefer, mit fast senkrechten Wänden sich einsenkender Schlund, dessen Boden nicht zu erblicken war.

Bei den Eruptionen von 1879 und 83 ist ein Theil der inneren Wände zusammengestürzt, die äusseren Conturen sind aber fast dieselben geblieben.

Der wichtigste Theil des ätnäischen Berges ist die Valle del Bove. Diese ist ein gewaltiges in die östliche Bergflanke tief eingreifendes Thal, welches bis dicht unterhalb des Piano del Lago sich ausdehnt und hier in einem von steilen Wänden umschlossenen Halbkreise endigt. Für die Erkenntniss der Structur des ganzen inneren Centralkegels ist dieses Thal von der grössten Wichtigkeit.

Ueberall zeigen seine Steilwände die vielfache Uebereinanderlagerung von mächtigen Tuffbänken und festen Lavaschichten, alle durchsetzt von zahlreichen verticalen Gangmassen. Durch Verwitterung aus dem geschichteten Mantel herausgelöst ragen sie wie Mauern oft lang sich erstreckend auf.

Wenn man für die schichtenähnlich einen vulkanischen Kegel zusammensetzenden Bänke von Tuff und Lava, die vom Centralschlote aus durch successive Aufschüttung sich übereinander lagerten, der Natur der Sache nach eine rings gleichmässig von der Achse des Kegels abfallende Stellung annehmen muss, wie sie z. B. thatsächlich auch an den Wänden des Atrio del Cavallo im Vesuv sich zeigt, so muss die Kegelachse aus der Stellung der Schichten im Kegelmantel sich construiren lassen. Die Stellung der Schichten in der Valle del Bove ist aber eine solche, dass sie nicht auf den heutigen Centralkegel bezogen, auch nicht auf eine einzige Achse zurückgeführt werden kann. Es ergiebt sich im Gegentheile aus der Stellung der Schichten, dass über dem jetzigen oberen Circus der Valle del Bove, welcher den Namen Trifoglietto führt, einst der centrale Kegel gelegen haben muss. Vor diesem existirte ein noch älterer Kegel weiter südöstlich und nach dem Kegel über dem Trifoglietto folgte ein Kegel weiter nach N.-W., dessen alter elliptischer Kraterrand heute noch z. Th. wieder zu erkennen ist. Die Entdeckung dieses alten sogen. elliptischen Kraters durch SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN war einer der bedeutendsten Fortschritte in der richtigen Erkenntniss des Aetna. Die Schichtenstellung in der Valle del Bove verweist darauf, dass dieses Thal aus einer Reihe zerstörter Kratere sich gebildet hat, welche immer nach N.-W. sich verschoben, dagegen ihre südöstliche Flanke zertrümmerten. Die Erosion hat dann an der Ausbildung der schroffen

Wände des Thales weiter gearbeitet, ohne jedoch an der Gestaltung im Ganzen einen bedingenden Antheil gehabt zu haben.

Auch die zu hunderten in den Wänden der Valle del Bove auftretenden Gänge sind für diesen Wechsel in der centralen Achse, für dieses allmählichc Verschieben des Schlotes nach Osten zu beweisend.

Wenn die Gänge eines Vulkanes eine mehr oder weniger regelmässig radiale Stellung zeigen, so ist aus der Convergenz der Gänge auch das Centrum zu finden. Die Gänge in der Valle del Bove sind nicht auf ein Centrum zu be ziehen, sondern convergiren z. Th. auf das Centrum des Trifoglietto, z. Th. auf das des elliptischen, z. Th. auf das des heutigen Kraters; sie dokumentiren also den Wechsel im Centralkrater ebenso wie die Schichten der jedesmaligen Kegelmäntel. Um das Verhältniss der Valle del Bove zum heutigen Centralkegel zu erkennen, ist am besten der Unterschied gegen den Vesuv hervorzuheben. Wenn wir den heutigen Centralkegel in die Mitte des Trifogliettocirkus der Valle del Bove gesetzt denken, so würde das Verhältniss genau sein wie am Vesuv. In einem älteren, weiteren Krater würde der jüngere von kleineren Dimensionen inne liegen, wie der Vesuvkegel im Halbkreise der Somma.

Indem am Aetna der neue Eruptionskegel aus dem alten Centrum herausrückte, änderte sich die Gestaltung. Hierdurch nähert sich der Aetna den vulkanischen Gebieten, an denen jede neue Eruption in linearer Verschiebung an einer anderen Stelle sich ereignet. So entstehen die Reihenvulkane. Der Vesuv ist der Typus eines Centralvulkanes; der Aetna ist Centralvulkan geblieben, trotz der deutlichen Neigung zur Bildung einer Vulkanreihe. Die einzelnen Glieder der Reihe sind nicht soweit gegen einander verschoben, dass sie sich nicht umfassen und noch zu einem Ganzen verschmelzen, aber die einzelnen Theile jedes einzelnen Kegels sind doch zu erkennen.

Die dritte der für den Aetna ganz besonders charakteristischen Eigenthümlichkeiten sind die zahlreichen, auf den Abhängen seines Kegels anscheinend regellos zerstreut liegenden seitlichen Eruptionskegel, laterale oder parasitische Kegel genannt. Mehr als 900 solcher Lateralkegel liegen auf dem Aetna, manche ganz stattliche Berge. Dort, wo sie dicht gedrängt liegen, glaubt man daher in einem Gebirge und nicht auf den Abhängen eines einheitlichen Kegels zu stehen. Die Anordnung dieser Lateralkegel ist aber keineswegs ohne Regel. Eine mehr oder weniger grosse Zahl erscheint in durchaus linearer Lage, die Linie radial zum Kegelcentrum gestellt. Solche liegen auf einer gemeinsamen Spalte und entstammen einer einzigen Eruption. Auf der Spalte, welche die Eruption von 1669 gebildet hat, liegen 29 kleinere und grössere Kegel, darunter die bekannten Monti Rossi bei Nicolosi. Wie Perlen aneinander gereiht liegen in gerader Linie die 25 Ausbruchsstellen kleinerer und grösserer Kratere vom Jahre 1811. Die Eruption von 1879 lieferte auf der einen Spalte 31 Ausbruchsstellen, darunter 7 grössere Kratere, und 24 kleinere Oeffnungen ohne beträchtliche Aufschüttungskegel.

Wenn man die Lateralkegel, sowie sie zu mehreren zusammengehören, nach Systemen gruppirt, so werden jedenfalls über 200 einzelne solcher zusammengehöriger Gruppen sich ergeben und wie viele mögen wohl im Laufe der Eruptionen verschüttet worden und wieder verschwunden sein.

Auch die Gestaltung der einzelnen Lateralkegel ist von grossem Interesse, weil sich an ihnen alle die Verschiedenheiten in Form und Bau, im Verhältniss der Grösse des Kraters und seiner Tiefe zu der Höhe des Kegels und dergl.

mehr wiederholen, wie sie überhaupt an den verschiedenen Vulkanen die Mannigfaltigkeit ihrer Formen bedingen. Dass so viele seitliche Ausbruchsstellen am Aetna existiren und dass andererseits vom Centralkrater aus, ausser Aschen keine Lavamassen hervorzubrechen pflegen, dafür ist die Ursache wohl unschwer zu erkennen.

Unzweifelhaft ist das Aufreissen jeder Spalte im Kegelmantel bedingt durch den hydrostatischen Druck, welchen die im centralen Schlote aufsteigende Lava auf die Wände des Vulkanes ausübt. Dieser Druck hängt, hier von den Spannungen der bei den Eruptionen betheiligten Gase ganz abgesehen, von der Höhe der Lavasäule ab. Der Widerstand, den er findet, ist bedingt in der Stärke des Kegelmantels. Wenn der seitliche Druck der Lavamasse über letzteren überwiegt, zersprengt sie den Kegelmantel, es bildet sich eine Spalte und die Lava fliesst aus.

Die grosse Höhe des ätnäischen Kegels bedingt es nun, dass die Lava im Schlote hoch emporsteigend einen so ungeheuren Druck auf die Wände ausübt, dass diese in den meisten Fällen nachgeben, ehe die Lava in den Centralkrater hinaufzusteigen vermochte, denn eine Säule von 3300 m Höhe im Centralkrater aus Lava von fast dem 3 fachen spec. Gew. des Wassers bestehend übt auf die Wände des Vulkanes einen Druck aus, der im Meeresniveau auf ca. 1000 Atmosphären sich steigert. Findet sich also an irgend einer Stelle im Kegelmantel eine Stelle der Schwäche, des geringeren Widerstandes, so wird diese von dem inneren Drucke überwunden. Das führt zur Bildung einer Spalte, welche nun den flüssigen und gasförmigen Produkten als Ausweg dient. Ueber der Spalte schütten sich aus den ausgeworfenen Schlacken Eruptionskegel auf und an deren Fuss tritt ein Lavastrom hervor. Häufig wird auch die Lava selbst sich über einer Stelle solcher Spalte zu einem Kegel aufstauen. So finden sich gerade am Aetna Lateralkegel, welche nicht aus losen Materialien aufgehäuft, sondern aus zusammenhängender Lavamasse aufgequollen sind. Im Kleinen bilden sich solche Schlackenkegel auch über Fumarolenöffnungen an der Oberfläche eines Lavastromes. Von der Höhe, bis zu welcher die Lava im centralen Schlote des Vulkanes emporgestiegen war, hängt es ab, in welcher Höhe am äusseren Mantel der Austritt des Lavaergusses erfolgte. Dabei kann die Spalte selbst an dem Berge höher hinauf sich fortsetzen und den durch Explosion der gasförmigen Stoffe ausgeschleuderten Massen als Ausweg dienen.

Es ist am Aetna leicht zu erkennen, dass weder in den sehr tiefen, noch in den höchsten Theilen des Berges die Lateralkegel am dichtesten stehen, sondern vornehmlich in den mittleren Höhenzonen am zahlreichsten sind. Auch erscheinen sie nicht gleichmässig um den Kegel herum verbreitet, sondern bedecken vorzüglich die beiden gegenüberliegenden Kegelsegmente, welche ihrer Lage nach der Richtung von S.-O.—N.-W. entsprechen, d. h. der Richtung jener Fundamentalspalte, auf welcher die vorhin erörterte Verschiebung auch der Centralkegel erfolgte.

Nur selten fliessen Laven aus dem jetzigen Eruptionskegel oder auch nur am Fusse desselben aus. Die Gipfeleruptionen sind meist auf den Ausbruch mächtiger Aschenmassen beschränkt, welche dann über den Centralkrater eine Pinie von ganz enormer Höhe zu bilden vermögen.

Die Zahl der Lavaströme, welche über die Abhänge des Aetna sich ergossen, ist eine ungeheure. Nur der kleinste Theil derselben ist heute noch sichtbar. Viele derselben haben ein ganz gewaltiges Volumen. Der Lavastrom

von 1669 hat ein Volumen von über 900 Millionen Kubikmeter, der von 1865 noch 95 Millionen Kubikmeter, der von 1752 über 400 Millionen Kubikmeter.

Die Oberflächenbeschaffenheit der Lava ist überall ziemlich dieselbe. Solche Unterschiede, wie sie für die Laven des Vesuv hervorgehoben wurden, scheinen am Aetna nicht obzuwalten.

Eine der Erscheinungen, die sich in der Valle del Bove beobachten lassen, ist die der seitlichen Intrusion von Lavamassen zwischen die Schichten des Kegelmantels. Ehe dieser zersprengt ist, wirkt der Druck der im Inneren vorhandenen Lavasäule auf die Wände einer Spalte, in der die Lava sich bewegt in der Art, dass die Lava rechts und links zwischen die Schichten, wie ein Keil sich hineinpresst. Solche injicirte Schichten bilden dann zwischen den Tufflagern ruhende horizontale Bänke, die aber in der Regel nicht sehr weit sich fortsetzen, sich dann gabeln und auskeilen.

Da bei der grossen Zahl von Gängen auch die Zahl der Injectionen im Inneren des Centralkegels als eine gewiss sehr grosse angenommen werden darf, so ist es durchaus wahrscheinlich, dass diese einen hebenden Einfluss auf die Schichten ausgeübt haben, zwischen welche sie in grösserer Zahl übereinander sich einschoben. Hierdurch wäre wohl die Thatsache zu erklären, dass die Neigung der Schichten im Kerne des Kegels eine bedeutendere ist, als die des äusseren Mantels. Das Maass der hierdurch bewirkten Hebung ist aber jedenfalls nur ein geringes; an den Böschungsverhältnissen des äusseren Kegelmantels ist diese nicht betheiligt, diese sind lediglich die Folge der successiven Aufschüttung und Uebereinanderlagerung der verschiedenen Produkte der Eruptionen.

Der Aetna ist seit den ältesten historischen Zeiten in ganz gleicher Weise thätig gewesen wie jetzt. Wenn die letzten Jahrhunderte jedes eine Reihe von Eruptionen aufweisen, so ist dieses wohl auch in den früheren Jahrhunderten der Fall gewesen, aber die Kunde von denselben ist verloren gegangen. Nur einige der bedeutendsten und zerstörendsten haben sich in der Ueberlieferung erhalten.

Die erste, historisch einigermaassen documentirte Eruption ist die vom Jahre 693 n. Chr., sodass die sichere Kenntniss von der Thätigkeit des Vulkanes hiernach 1500 Jahre umfasst, eine freilich nur geringe Spanne Zeit, gegenüber den Jahrtausenden, die an seinem Aufbau gearbeitet haben müssen. Etwa 12 Eruptionen lassen sich aus vorchristlicher Zeit nachweisen.

Die Nachrichten über die in den ersten 12 Jahrhunderten nach Christus eingetretenen Ausbrüche sind nur ganz sparsam und ohne Werth. Vom 13. bis 17. Jahrhundert fangen die Nachrichten über solche an sich zu mehren und genauer zu werden. Die gewaltigste überhaupt aus historischen Zeiten bekannte Eruption ist die vom Jahre 1669, welche die Lateralkegel der Monti Rossi schuf und einen ungeheuren Lavastrom lieferte, welcher in die Stadt Catania einbrach, einen Theil derselben zerstörte und bis ins Meer hinein vordrang. Das ist die letzte Lava, welche Catania erreichte, vor ihr waren freilich schon 8 andere, noch heute nachweisbare Ströme bis in das Gebiet der heutigen Stadt gedrungen. Davon hatte die Lava von 252 v. Chr. einen Theil der damals römischen Stadt zerstört.

Von den Eruptionen des 18. Jahrhunderts ist die von 1755 bemerkenswerth, weil sich an diese die Nachricht von einem ungeheuren Schlammstrom knüpft, den man aus dem Krater hervorgebrochen wähnte.

Dass die aus der Valle del Bove hervorgebrochene Wassermasse nur auf

eine starke Schneeschmelze im oberen Thale zurückzuführen ist, erscheint nach genauer Einsicht der Quellen nicht zweifelhaft.[1])

Bei der Eruption von 1763 wurde der Lateralkegel der Montagnuola gebildet, einer der höchst gelegenen Lateralkegel, der im Profil des Aetna von Catania aus gesehen, neben dem Eruptionskegel den hervorragendsten Gipfel bildet. In den Jahren 1766, 1787, 1792 ereigneten sich heftige Eruptionen mit bedeutenden Lavaergüssen.

Im 19. Jahrhundert sind bedeutendere Eruptionen in den Jahren 1811 (in der Valle del Bove), 1832 (N.-W.-Seite oberhalb Bronte), 1842, 1843, 1852 (sehr bedeutender Lavastrom in der Valle del Bove, neugebildete Eruptionskegel oberhalb des Trifoglietto). Die wichtigste der neueren Eruptionen ist die vom Jahre 1865. Auf der Nordostseite des Aetna, in der Nähe des grossen alten Lateralkegels M. Frumento in ca. 2000 Meter Seehöhe öffnete sich am 3. Januar eine Spalte, welche den genannten Kegel vollkommen in zwei Theile spaltete, und von hier ein Kilom. lang abwärts fortsetzte. Auf dieser Spalte schüttete sich eine Reihe von 5 Eruptionskegeln auf, darunter der Monte Sartorio von 67 Metern Höhe und 90 Meter Durchmesser. Am Fusse dieser Kegel drang ein Lavastrom hervor, welcher in den ersten 60 Stunden 6½ Kilom. abwärts floss auf dem hier nur um wenige (6—7) Grad geneigten Terrain. Er theilte sich in 2 Arme, von denen der grössere, nachdem er einen ganzen Monat mit allmählich abnehmender Geschwindigkeit vorgerückt war, in einer Breite von 700 Metern oberhalb Maseali zum Stillstand kam. Das Gesammtvolumen der ausgeströmten Lava beträgt nach der Berechnung von SILVESTRI über 90 Millionen Kubikm. Die Eruption dauerte bis in den Juni fort und zerfällt in 5 Perioden. In den ersten 7—10 Tagen trat aus den Bodenspalten die Hauptmasse der Lava aus, und auf jener bauten sich die Eruptionskegel auf. Jeden Tag waren ca. 7½ Millionen Kubikm. Lava ausgeströmt. In der zweiten Periode nahm das Ausströmen der Lava ab. Das Auswerfen von Schlacken dauerte dagegen fort und ebenso das Ausstossen von Gasen und Dämpfen. In der dritten Periode, etwa einen Monat nach dem Beginn der Eruption, ergoss sich die Lava nur langsam und wenig reichlich aus der Oeffnung am untersten Kegel, die obersten Kegel waren in Ruhe gekommen oder entwickelten noch wenige Dämpfe. In der 4. Periode wurden nur dann und wann noch Dämpfe entwickelt und wenig erkaltete Schlacken ausgeworfen, in der fünften waren nur noch Fumarolen in den Kegeln wahrzunehmen.

Die ganze Eruption hatte fünf Monate gedauert, im Juni konnte sie als erloschen gelten.

Die Lava war von echt basaltischer Beschaffenheit, die Fumarolen hatten vorzüglich Chlornatrium und Chlorkalium producirt, aus denen durch die Einwirkung der heissen Wasserdämpfe und Aufnahme der Kohlensäure aus der Luft sich die Carbonate gebildet hatten. Auch Chlorkupfer war producirt worden.

Der Centralkrater hatte im Beginn der Eruption eine dichte Dampf- und Aschensäule ausgestossen, während der Eruption erschien nur seine Fumarolenthätigkeit ab und zu etwas gesteigert, er hatte sich sonst nicht betheiligt und war nicht verändert.

Eine weitere Eruption ereignete sich am 29. August 1874, die ebenfalls ein Aschenausbruch einleitete.

Auch auf der N.-O.-Seite des Kegels, in 2450 Meter Höhe, war eine lange

[1]) SARTORIUS-LASAULX, Aetna I, pag. 265.

Spalte aufgerissen, auf der sich innerhalb eines Tages 35 Ausbruchsöffnungen aneinander gereiht hatten. Ein kleiner Lavastrom hatte sich ergossen. Schon nach 2 Tagen war aber die Eruption zu Ende; die gebildete Spalte blieb z. Th. offen stehen.

Bis zum Jahre 1879 blieb nun der Vulkan vollständig ruhig. Am Abend des 26. Mai 1879 trat aus der Spalte von 1874 Lava aus; die Spalte riss aufs Neue auf und der Riss setzte sich nicht nur weiter abwärts, sondern auch aufwärts fort und zerriss den Centralkegel, auf der S.-W.-Seite abwärts greifend. Die Länge der jetzt gebildeten Spalte betrug nicht weniger als 10 Kilom. An der Südwestseite, an einer etwas höheren Stelle, brach zuerst Lava aus, dann tiefer an der N.-O.-Seite. Hier lag die Quelle für den Hauptstrom, welcher 9 Kilom. abwärts sich fortbewegte und nur ca. 600 Meter von Alcantara entfernt, in einer Breite von 450 Meter und einer Höhe von 15 Meter zum Stehen kam.

Auf der Spalte hatten sich wieder eine ganze Reihe kleiner Kratere gebildet, welche in mehreren Gruppen hintereinander lagen. Im Ganzen über 30 Oeffnungen auf der Südwestseite und über 40, z. Th. beträchtliche Kegel bildende Ausbruchsstellen auf der N.-O.-Seite. Auch hier erfolgte die Abnahme der Thätigkeit von oben nach unten vorschreitend.

Das Gesammtbild dieser Eruption, sowohl was die gewaltige Spalte, mit zahlreichen Nebenspalten angeht, als auch die zahlreichen Feuerschlünde, Kratergruppen, einzeln liegende Kratere und embryonale Kraterbildungen, ist ein überaus grossartiges, und doch hatte dieselbe nur eine Dauer von 12 Tagen.

Eine grössere Eruption hat der Aetna seitdem nicht mehr gehabt. Eine kleinere dagegen fand am 22. März 1883 statt. Oberhalb Nicolosi, in einer Höhe von nur 1200 Meter riss eine Spalte auf in einer Länge von 3 Kilom. und successive von oben nach unten fortschreitend baute sich auf ihr ein complicirter Eruptionsapparat auf mit mehreren kegelförmigen Aufschüttungen, darunter 2 grössere Kraterkegel, der eine 27 Meter hoch. Das Eigenthümliche dieser Eruption war, dass sie nach einer überaus bedrohlichen Einleitung, welche grössere dynamische Wirkungen und Folgen anzudeuten schien, doch nur 3 Tage dauerte und nur eine geringe Intensität annahm. Daher nannte sie Silvestri eine *abortita*, Fehlgeburt. Vielleicht hing dieses mit der tiefen Lage der ersten Ausbruchsstelle zusammen.

Von dem höchsten Interesse aber war diese Eruption durch die Beobachtungen, welche Silvestri über den Zusammenhang des Eintrittes der Eruption mit Barometerschwankungen anstellte. Der Eruption waren, wie dieses fast bei allen Aetnaausbrüchen der Fall ist, zahlreiche mehr oder weniger heftige Erderschütterungen vorausgegangen.

Gerade in den Tagen vor dem 22. März waren dieselben besonders zahlreich geworden. Auch bei der Registrirung dieser Erschütterungen vermittelst der empfindlichen Instrumente zu Catania war die Coincidenz mit Barometerschwankungen schon erkannt worden. Am auffallendsten zeigte sich dieses bei Eintritt der Eruption selbst.

Am 20. März trat plötzlich ein Fallen des Barometers, eine Abnahme des barometrischen Druckes um 13 Millim. ein. Dieser folgte auf dem Fusse eine überaus heftige Erderschütterung und es entstiegen dem Gipfel des Centralkegels riesige Aschenwolken. In der Nacht zum 22. erfolgte das Aufreissen der Spalte und die Eruption.

Während vor dem 22. die innere Tension, die von dem äusseren Widerstand

im Kegelmantel des Vulkanes selbst niedergehalten oder wenigstens balancirt wurde, doch das stete Bestreben zeigte, diesen zu brechen und einen Ausbruch zu bewirken, wie das in den zahlreichen Erdstössen seinen deutlichen Ausdruck fand, ermöglichte die am 20. März eintretende Abnahme des Barometerdruckes das Ueberwiegen der inneren Spannung und damit den Eintritt der Eruption.

Die Abnahme des Barometerdruckes um 13 Millim. entspricht in der That aber auch einer ganz bedeutenden Entlastung der Flanken des Vulkanes, gegen welche die innere Spannung gerichtet war.

Wenn eine Luftsäule auf jeden Quadratmeter Oberfläche einen Druck von 10330 Kilogrm. ausübt, entsprechend einer Quecksilbersäule von 760 Millim., so hält eine Oberfläche von der Ausdehnung der Basis des Aetna einen Druck aus von rund 14 Milliarden Tonnen (à 1000 Kilos). Jedem Millimeter Quecksilber, um welches die Barometersäule bei Abnahme des Druckes sich erniedrigt, entspricht demnach eine Abnahme der Belastung um 19 Millionen Tonnen. Bei einem Sinken des Barometers um 13 Millim. ergiebt sich also eine Abnahme der Belastung von 247 Millionen Tonnen. Es ist daher nicht zu verwundern, wenn eine solche Druckverminderung gegenüber der aus dem Innern nach Aussen gerichteten Spannung, diese in die Lage versetzte, in einer mächtigen Explosion die Flanke des Berges aufzusprengen und sich einen Ausgang zu verschaffen.

Alle Laven, welche der Aetna seit den ersten Zeiten seiner Eruptionen producirt hat, bis auf diese letzte vom Jahre 1883 gehören ihrer mineralogischen Zusammensetzung nach zu den Basalten. Bezüglich des Mineralreichthums steht der Aetna dem Vesuv bei Weitem nach, die Auswürflinge, wie sie in den Sommatuffen sich finden, fehlen ganz. Nur wenige Bruchstücke der durchbrochenen Sandsteine, und der Cretathone sind mit emporgebracht worden.

Zwischen der Südküste von Sicilien und dem afrikanischen Cap Bon liegt die Insel Pantelleria.[1]) Sie hat eine lang elliptische Gestalt, eine Länge von 13,5 Kilom. von N.-W. bis S.-O. und eine grösste Breite von 8 Kilom. Durchweg gebirgig enthält sie die höchsten Erhebungen im Centrum und südöstlichen Theile. Der höchste Berg der Insel ist die Montagna grande mit einer Seehöhe von 836 Meter. An der nordwestlichen Seite derselben liegt ein grosses halbkreisförmiges Kraterbecken, in dessen Mitte ein See und warme Quellen gelegen sind. Diese und die anderen warmen Quellen der Insel sind die einzigen Anzeichen der noch wirksamen vulkanischen Thätigkeit.

Die Montagna grande ist von einem Kreis von Lateralkrateren umgeben, die wie jene aus weissen Lipariten und übergelagerten Bimsteinmassen bestehen. Diese Kegel haben z. Thl. wohlerhaltene Kratere und haben zahlreiche Lavaströme meerabwärts ergossen. Viele der vorhandenen Kegel sind nicht aus geschichtetem Materiale aufgebaut, sondern bestehen aus einem einzigen massigen Gesteinskörper mit oder ohne Krater in ihrem Gipfel. Sie bestehen aus demselben Gesteine, welches auch aus einigen als Lavastrom sich ergoss. Andere sind ohne Ströme geblieben. Diese nur durch Aufquellen der Gesteinsmagmen entstandenen Kuppen, echte Quellkuppen, gleichen den auch am Aetna vorkommenden Krateren aus fester Lavamasse (pag. 547), welche dort freilich keine so bedeutenden Dimensionen annehmen. Wie jene sind sie auch auf Pantelleria durch steilere Böschungen des Kegels ausgezeichnet. Die Valle dell' Abate im Westen der Insel mit einem

[1]) Foerstner, Enrico. Sulla Geologia dell' Isola di Pantelleria. Boll. del R. Com. geol. d'Italia. Anno 1881.

Umfang von 1500 Meter und einer Kratertiefe von 100 Meter ist ein schönes Beispiel dieser Art. Aus ihr ist der Strom Cimillia in das Meer geflossen.

Der imponirendste Vulkan der Insel, der M. Gibele, 700 Meter hoch, gehört auch zu diesen massigen Krateren und besteht aus Andesit. Die meisten dieser Kegel bestehen sonst aus glasig erstarrtem kieselsäurereichem (70 %) Liparit.

Eine besondere Art von Krateren ist noch erwähnenswerth. Sie sind in einem älteren Gesteine gebildet, indem in diesem eine beckenförmige Vertiefung entstand, in welcher das alte feste Gestein überwiegt mit nur Spuren von Bimsteinablagerungen, welche dem jüngeren Ausbruche dieser Krater selbst entstammen. Vom Fusse dieser Kratere, welche den Rücken eines höheren Berges krönen, sind auch Lavaströme ausgegangen.

Auch die Gesteine der Insel sind sehr verschieden, mannigfaltig wie ihre vulkanischen Formen. Als älteste Bildung erscheinen Phonolithe, denen zunächst Andesite gefolgt sind. Am mächtigsten aber ist die Formation der sauren Gesteine, der Liparite (70 % SiO_2) in mehr oder weniger krystallinischen oder glasigen Formen und Bimsteine. Eine im N.-W. der Insel auftretende basaltische Formation, basaltische Ströme mit Krateren, aus denen diese hervorgetreten, scheint jünger zu sein, als alle vorhergehenden Gesteine, da sie über diesen sich findet. Den Uebergang von den sauren Lipariten zu den Basalten bilden die weniger sauren Liparite (67 % SiO_2) des grossen wohlerhaltenen Kraters von M. Sant' Elmo im N.-W. der Insel, dessen Kegel zuerst durch den Ausbruch des letzten Stromes von Liparit znm Einsturze kam, später aber wieder einen Zusammenbruch erlitt durch eine jüngere basaltische Eruption. Eine Eruption ist auf dieser Insel in historischer Zeit nicht bekannt geworden und so würde dieses vulkanische Gebiet, zu welchem vielleicht auch die beiden kleinen mit Krateren versehenen Inseln Linosa und Lampedusa gehören, wohl zu den erloschenen gerechnet werden müssen, wenn nicht im Bereiche desselben im Juli und August 1831 unter $37^\circ 2'$ nördl. Br. und $30^\circ 16'$ östl. L. nur 11 Kilom. von Pantelleria entfernt, ein submariner Ausbruch sich ereignet hätte, in Folge dessen ein bis über die Meeresfläche sich erhebender Schlackenkegel mit Krater aufgeschüttet wurde, welcher als Insel Ferdinandea benannt, aber schon nach wenigen Monaten von der Meeresbrandung wieder hinweggespült wurde. An derselben Stelle hatte auch im Jahre 1701 ein Ausbruch stattgefunden und ebenso bildete sich hier im August 1863, nach mehrtägigen Explosionen wieder ein kleiner Aschenkegel mit Krater, der aber gleichfalls bald wieder verschwand. Jedenfalls darf hiernach das sicilianisch-afrikanische Gebiet zu den noch thätigen gerechnet werden.

Vulkanisches Gebiet des griechischen Archipels.

Die im Südosten von Griechenland glegenen Inseln, die Cykladen, sind die höchsten über das Meer aufragenden Gipfel der untermeerischen Fortsetzung der beiden Gebirgszüge, welche Euböa und Attika durchziehen. Wie diese von N.-W. nach S.-O. streichen, so liegen auch in gleichgerichteter Linie die Inseln hintereinander.

Auf der südöstlichen Seite der attischen Kette, gebildet durch die Inseln Zea, Thermia, Seriphos, Siphenos und Sikinos, liegen in einer conform verlaufenden Reihe die vulkanischen Inseln. Von der Halbinsel Methana, an der Nordostküste von Morea gelegen, ausgehend, folgen sich die Inseln in fast linearer nach S.-O. gerichteter Reihe: Belopulos, Falkenera, Karavi, Milos, Kimolos, Polinos, Polykandros, Christianos und endlich die Gruppe von Santorin.

Dagegen gehört Nisyros, weit auf der anderen Seite der euböischen Reihe,

nahe der Küste von Klein-Asien gelegen, nicht mehr zu diesem Gebiete. Geographisch zu den Sporaden zu rechnen, schliesst es sich der von N. nach S. verlaufenden Reihe vulkanischer Punkte von Anatolien an.

Unter den oben aufgeführten vulkanischen Inseln der Cykladen ist die Inselgruppe von Santorin weitaus die wichtigste, weil sie auch in neuerer Zeit sorgsam beobachtete Eruptionen hatte und als ein geradezu klassisches Beispiel der Verhältnisse gelten kann, wie sie für die sogen. Erhebungskratere nach der Theorie L. von Buch's und Elie de Beaumonts als typisch angenommen wurden. Aber auch an ihr wurden die unzweifelhaftesten Beweise für die Unhaltbarkeit jener Ansichten durch die neueren Untersuchungen über ihren Bau und ihre Eruptionen erbracht.

Die Gruppe von Santorin besteht aus 3 sehr ungleich grossen kreisförmig um eine weite Meeresbucht herumliegenden äusseren Inseln: Thera, Therasia und Aspronisi und einer Gruppe kleinerer im Centrum der Meeresbucht gelegenen inneren Inseln, den sogen. Kaimenis.

Die 3 äusseren Inseln sind ersichtlich die Reste eines alten grossen Kraterwalles, nach Innen besitzen sie alle steile z. Thl. senkrechte Abstürze, während sie nach Aussen allmählich in geneigter Ebene abfallen.

Thera ist die grösste der 3 Inseln, sie bildet für sich den ganzen östlichen Halbkreis. Therasia liegt ihr westlich gegenüber. Von der Nordspitze von Thera ist sie durch einen nur 2,4 Kilom. breiten, aber sehr tiefen (350 Meter) Meeresarm getrennt, den beiderseitig nach Aussen sich einsenkende Uferwände begrenzen. Therasia, ein kurzes Stück des westlichen Ringwalles, ist in seiner Südspitze von der Südspitze von Thera durch eine 7,4 Kilom. breite Meeresstrasse getrennt, in deren Mitte die kleinste, dritte Insel Aspronisi gelegen ist, von Thera nur um etwas weniger als von Therasia entfernt. Der ganze Durchmesser der von N. nach S. elliptisch gestreckten Bay ist 12 Kilom., in der dazu senkrechten Richtung von O. nach W. 8 Kilom.

Die Breite des Ringwalles ist in den Inseln Therasia und Thera nicht sehr verschieden und beträgt 2 bis 3 Kilom., so dass sich der äussere Contur ziemlich dem inneren conform verhält. Nur an einer Stelle ist der regelmässige Circus durch einen quergestellten Rücken unterbrochen. Das ist der im südöstlichen Theile von Thera gelegene grosse Eliasberg, zugleich der höchste Punkt der Inselgruppe mit 560 Meter Erhebung. Dieser bildet ein aus dem Ringwalle nach S.-O. mächtig herausspringendes Vorgebirge.

Diese höchste Erhebung besteht auch nicht aus vulkanischem Gesteine, sondern zeigt eine Schichtenfolge von krystallinischen Kalksteinen und glimmerschieferähnlichen Phylliten. Hier hat man also den aufragenden Rücken der untermeerischen Gebirgsfortsetzung vor sich, welche oben genannt wurde. Es zeigt sich, dass der ganze vulkanische Aufbau dem südöstlichen Abhange dieses nicht vulkanischen Gipfels lediglich aufgelagert ist. Und darin erkennt man denn auch schon, dass die Anordnung der vulkanischen Inseln der Cykladenreihe wesentlich bedingt ist durch den Verlauf der submarinen Gebirgskette und nicht durch eine lediglich während des vulkanischen Processes selbst entstandene Spalte, wie dieses bei den Reihen der Lateralkegel am Aetna z. B. der Fall ist. Hier kann also die reihenförmige Anordnung nicht eigentlich als ein vulkanisches Kennzeichen gelten.

Die Oberfläche der im Innern der kreisförmig angeordneten 3 Ausseninseln vorhandenen Bay beträgt 76 □ Kilom. Die Bay ist selbst sehr viel tiefer als die

Canäle, welche zwischen den Inseln nach Aussen führen. Der nördlich von den Centralinseln gelegene Theil ist der tiefere, an seiner tiefsten Stelle 390 Meter tief.

Die Höhe des Ringwalles, wie er in den höchsten Punkten der Ausseninseln sich ausspricht, beträgt ca. 250 bis 300 Meter. Der höchste Punkt der Kaimeniinseln, der später zu erwähnende Kegel Giorgios liegt jetzt 126,5 Meter über Meer.

Aus diesen Zahlen schon ergeben sich uns die Formverhältnisse des grossen Kraterbeckens, die noch deutlicher sich darbieten würden, wenn nicht das Innere vom Meere überfluthet wäre. Neben den über der inneren Bay aufragenden Kaimeniinseln haben die Sondirungen auch die Existenz noch zweier jetzt submariner Kegel ergeben.

Denkt man sich das Meeresniveau um 390 Meter erniedrigt, so würde dann an Stelle der jetzt vorhandenen Inselgruppe ein breiter Kegelberg über dem Meere auftauchen, von einer Höhe von 700 Meter (nur im höchsten Punkte dem grossen Eliasberge 950 Meter) mit nach aussen regelmässig und allmählich abfallenden Gehängen, welche nur durch zwei tiefe Thaleinschnitte unterbrochen würden. Im Gipfel dieses Kegelberges befände sich der ca. 700 Meter tiefe Kessel, rings von Steilwänden umschlossen und in dessen Mitte würden sich drei Berggruppen erheben, die eine aus den dann zu einem Ganzen verschmolzenen Kaimeniinseln gebildet, die beiden andern den oben erwähnten jetzt submarinen Kegeln entsprechend. Diese quer über den Krater hinübergreifende Berggruppe würde diesen in einen tieferen nördlichen und einen weniger tiefen südlicheren Theil trennen. Aus jenem führt auch das tiefere Thal zwischen Thera und Therasia hindurch nach aussen.

So gestaltet sich dann die Form zu der eines ganz regelmässig aufgebauten Vulkanes, mit einem weiten älteren Krater und jüngeren jetzt thätigen Eruptionskegeln in der Mitte, der Typus eines Centralvulkanes.

Als älteste vulkanische Produkte, dem nicht vulkanischen Grundgerüste dieser Inselgruppe aufgelagert, erscheinen auch hier submarine Tuffe und andesitische Laven, welche jedoch nur im südlichen Theile von Thera, in dem Plateau von Acrotiri noch sichtbar zu Tage liegen. Das Vorkommen zahlreicher Reste mariner Thiere in denselben macht ihre submarine Entstehung unzweifelhaft. Alle anderen Produkte, Tuffe wie Laven sind als subaërische d. h. in der freien Luft über Meer gebildete zu bezeichnen.

Längs der ganzen inneren Steilabhänge sieht man diese verschiedenen Eruptionsprodukte in zahlreichen Lagen übereinander wechselgelagert liegen und durchsetzt von Gängen in verticaler Stellung.

Deutlich erkennt man in den hier sichtbaren zwischen den Tuffen auftretenden Bänken fester Lava alte Ströme, die über die Unterlage flossen. Nach beiden Seiten in der horizontalen Richtung keilen sie aus und die Schichtung ist somit eine solche, wie sie als falsche Schichtung bezeichnet zu werden pflegt. Ganz besonders schön zeigt sich dieses Verhalten an den inneren Steilwänden von Therasia.

An der Basis der subaërischen Bildungen erscheinen besonders mächtige, durch gewaltige Explosionen gebildete Tuffe mit inneliegenden gewaltigen Lavablöcken.

Nicht alle in dem Ringwalle übereinanderliegenden Tuffe und Laven sind dem einen, inneren centralen Schlote entstiegen. Discordant liegen sie vielfach übereinander und deuten hierdurch ihren Ursprung aus manchen seitlich auf den

äusseren Kegelabhängen gelegenen Lateral- oder parasitischen Kegeln an, wenn auch diese selbst nur z. Th. noch nachweisbar sind.

Jünger als alle die Tuff- und Lavenschichten im Ringwalle ist eine mächtige Ablagerung von Bimstein, welche alle 3 Inseln überdeckt. An den Stellen ihrer grössten Mächtigkeit auf Therasia und auf dem Plateau von Acrotiri auf Thera ist sie bis zu 30 Meter dick. Blöcke sehr verschiedener Grösse setzen sie zusammen, bis zum feinen aschenförmigen Staub. Zahlreich liegen Blöcke schwarzer Laven und verschiedener anderer älterer krystallinischer Gesteine (Diabas, Kalkstein) in dem hell gefärbten, seidenglänzenden Bimsteinconglomerate.

Ausser an den Steilküsten im Innern der Bay wird die Structur des alten Kegels auch äusserlich in manchen Erosionsfurchen erschlossen, welche über die Gehänge meerwärts niederziehen. Sie verleihen dem Kegel das radial gefurchte Aussehen, wie es ebenfalls für die sogen. Erhebungskratere als charakteristisch angesehen wurde. Man hielt diese Thäler, den Barrancos auf Teneriffa entsprechend, für bei der Aufwölbung eingerissen. Es steht jetzt fest, dass es nur Erosionsthäler sind.

Viel später als die äusseren Inseln sind wohl im Inneren die Kaimeni-Inseln, die jetzigen Eruptionskegel entstanden. Zweihundert Jahre vor der christlichen Zeitrechnung nahm ihre Entstehung ihren Anfang und bis auf den heutigen Tag sind sie in beständiger Fort- und Umbildung begriffen.

Palaea Kaimeni ist die älteste der Inseln und am meisten nach W. gelegen. Sie besitzt keinen Krater, sondern besteht nur aus einem Plateau, welches aus Lavaströmen und einem mächtigen Lavagange sich zusammensetzt.

Mikra Kaimeni besteht fast nur aus einem einzigen Schlackenkegel von ca. 70 Meter Höhe, in dessen Gipfel ein flacher Krater eingesenkt ist. Mikra Kaimeni liegt nordöstlich von Nea Kaimeni, nur durch einen ganz schmalen (seit der Eruption von 1866 bedeutend verschmälerten) Meeresarm getrennt. Sie ist die kleinste der 3 Inseln.

Nea Kaimeni ist bei weitem die grösste der drei Inseln und liegt in der Mitte. Sie hat jetzt nach den Vergrösserungen, welche die letzte Eruption, die im Jahre 1866 begann, ihr brachte, eine Länge von über 2 Kilom. bei einer Breite von 1,8 Kilom. in der südlichen Hälfte, nach Norden zu spitz auslaufend.

Ziemlich in der Mitte der heutigen Insel liegen nahe bei einander zwei Eruptionskegel. Der nördlichere ist der Kegel der Eruption von 1707, von welchem aus mächtige Lavenmassen nach N. sich ergossen, aus denen dieser ganze Theil der Insel, der nach N. allmählich sich bis zum Meeresniveau senkt, besteht. Der südlichere ist der Kegel Giorgios, der im Jahre 1866 als Eruptionskegel sich bildete, auf seinem plateauförmigen Gipfel mehrere Krater tragend, wovon einer, am meisten nach S.-W. gelegen, der tiefste ist und zumeist an der Thätigkeit seit 1866 betheiligt war. Von diesem Kraterplateau aus erstrecken sich nach W. und O. aber vornehmlich nach S. mächtige Lavenmassen, welche mit ziemlich steilen Enden überall ins Meer stürzen, z. Th. tiefe enge Schluchten zwischen sich lassend. Alle diese Laven, welche jetzt den ganzen südlichen Theil der Insel in einer Höhe von z. Th. 80 Meter bilden, entstammen der Eruption, welche im Jahre 1866 begann und auf welche noch zurückzukommen ist. Sowohl die Laven, welche diese inneren Inseln bilden, als auch die älteren, welche an dem Aufbau des Ringwalles betheiligt sind, gehören der Gruppe der Andesite an: die älteren Gesteine als Hornblendeandesite, die jüngeren als Augitandesite zu bezeichnen.

Die Geschichte der Entstehung der Inselgruppe von Santorin, die in ihrer heutigen Gestaltung im Vorhergehenden geschildert ist, sowie die Reihe der einzelnen Eruptionen ist eine sehr mannigfaltige und verliert sich in die vorhistorischen Zeiten.

Die gewaltigen Katastrophen, welche die Bildung des grossen inneren Beckens zur Folge hatten, sind älter als alle geschichtliche Ueberlieferung. Kein Schriftsteller des Alterthums erwähnt etwas davon und doch war die Insel wahrscheinlich schon von Menschen bewohnt, als dieses Ereigniss eintrat. Thera, Therasia und Aspronisi sind die Reste der grossen Insel, die vor der Entstehung der Bay, wie schon vorher einmal erwähnt, einen einzigen grossen Kegelberg bildete.

Ein gewaltiger Zusammensturz dieses Kegels, eine Zertrümmerung des ganzen oberen Theiles desselben, begleitet und gefolgt von ungeheuren Explosionen und Bimsteinauswürfen, welche über die stehen gebliebenen Ruinen des alten Kegels sich aufschütteten, führten zu der heutigen Gestaltung. Im Anfange der geschichtlichen Zeit entstanden im Innern der Meeresbay die neuen Eruptionskegel, die Kaimeni. Die historisch beglaubigten Eruptionen erfolgten ausschliesslich aus diesen.

Im Jahre 197 v. Chr. entstanden im Innern der Bay, wie mehrere alte Schriftsteller übereinstimmend melden, zwei kleine Inseln, Thia und Hiera genannt. Während Hiera in der noch vorhandenen Palaeakaimeni zu erkennen ist, würde in dem jetzt submarinen Kegel, der den Namen Baneo erhalten, die zweite damals entstandene, jetzt wieder untergetauchte Insel zu suchen sein oder vielleicht umgekehrt.[1])

Die zweite historisch bekannte Eruption fand im Jahre 726 n. Chr. statt, die dritte erst im Jahre 1457. Erst die folgende Eruption im Jahre 1570 oder 1573 brachte wieder eine erhebliche Aenderung hervor, indem bei dieser der Kegel von Mikra Kaimeni sich aufschüttete.

Im Jahre 1650 trat eine Eruption ausserhalb der Bay ein, 3½ Meilen nordöstlich von Thera. Es bildete sich der noch jetzt nachweisbare Kegel des Colombo, offenbar ein tief auf den Abhängen des Centralkegels entstehender Lateralkrater. Der Gipfel dieses Kegels liegt jetzt 18 m unter der Meeresoberfläche. Es mag wohl überhaupt nur eine schnell von den Wogen wieder zerstörte Insel gewesen sein, die hier in Folge der Eruption von 1650 aufgetaucht war.

Die wichtigste Eruption vor der letzten war die vom Jahre 1707. Sie schuf die Insel Neakaimeni in dem Theile, der heute ihre nördliche Hälfte bildet, d. h. also den nördlichen Kraterkegel und die davon ausgehenden Lavaströme. Der südliche Theil der damaligen Insel ist vollständig umgestaltet durch die letzte Eruption, welche im Januar 1866 ihren Anfang nahm. Südlich von dem damals allein bestehenden Kegel der Eruption von 1707, dessen südlicher Abhang damals auch das südöstliche Ende der Insel Nea Kaimeni bildete, zeigten sich nach vorher gegangenen Erschütterungen in Feuerausbrüchen die ersten Anzeichen einer neu beginnenden Eruption am letzten Tage des Januar 1866. In wenigen Tagen tauchte hier ein neuer Kegel auf, welcher den Namen Giorgios erhielt. Derselbe wuchs durch ruhig und ohne Explosionen nachdringende Lava und zeigte anfänglich keinen Krater. Hin und wieder ereigneten sich Gipfelexplosionen. Endlich tauchte am 12. Februar westlich von dem Giorgios aus dem Meere eine

[1]) Fouqué in seinem am Schlusse citirten Werke über Santorin, pag. 8.

neue Lavamasse empor, welche bald als ein zweites Eruptionscentrum sich zu erkennen gab und den Namen Aphroëssa erhielt. Auch dieses nahm nun ganz wie der Giorgios zunächst ohne Bewegungen und Explosionen zu.

Am 20. Februar ereignete sich eine gewaltige Gipfeleruption aus dem Giorgios. Dieser erschien nachher oben etwas eingesenkt. Es folgten nun häufiger solche Explosionen mit Aschenausbrüchen aus dem Gipfel, deren Säule nach den Messungen SCHMIDT's bis zu fast 7000 Meter Höhe erreichte. Am 28. Februar schien der ganze Gipfel, bei einer solchen Eruption zersprengt zu werden und nun befand sich auch ein Krater auf dem Gipfel, der sich also erst in Folge der wiederholten Gipfeleruptionen gebildet hatte. Inzwischen hatten fortwährende Einsenkungen der alten Küsten von Nea Kaimeni stattgefunden. Ein neues Eiland, Reka tauchte auf, welches aber nur als die höchsten Lavafelsen eines vom Fusse der Aphroëssa ausströmenden Lavaergusses angesehen werden muss. Es vereinigte sich durch weiter nachdringende Lava bald mit der Masse der Aphroëssa.

Im Anfang April hatte sich auch ein kleiner Explosionskrater zwischen dem Giorgios und der Aphroëssa gebildet.

Auch die Masse der Aphroëssa war inzwischen fortdauernd gewachsen und vereinigte sich mit den Lavenmassen des Giorgios. Neue Inseln, im Mai auftauchend, bezeichnen das südwestliche Ende eines Lavaergusses von Aphroëssa aus,

Der Giorgios war nun schon über 60 Meter hoch und seine Laven ergossen sich nun auch nach O. und W., nachdem sie zuerst nur nach S. vorgedrungen waren. Das Eruptionscentrum der Aphroëssa wurde allmählich ganz von ihnen verschüttet und so blieb nur eine grosse Lavamasse, welche ein gewaltiges Terrain darstellte, um welches Nea Kaimeni nach S. gewachsen war.

In dem Krater des Giorgios bildete sich ein kleinerer innerer Kegel, wurde wieder zerstört und dann wieder ein neuer gebildet und so wohl wiederholt. Bis zum Jahre 1871 (sehr heftig im April 1870) dauerten diese Gipfeleruptionen fort, dann trat Ruhe ein.

Die Menge des Materiales, welche diese fünfjährige Eruption zu Tage förderte, ist ungeheuer.

Nach den Berechnungen von J. SCHMIDT war in den ersten 52 Tagen seit dem 30. Jan. 1866 ein Volumen von 6634000 Kubikmeter im Giorgios gefördert worden, was einer täglichen Volumzunahme um 132900 Kubikmeter entspricht. Das Volumen der Aphroëssa hatte am 20. März 7063500 Kubikmeter betragen, das ergab eine tägliche Zunahme von 144150 Kubikmeter täglich während 49 Tagen.

Sämmtliche Neubildungen an Kegeln und Lava bis zum Januar 1868 umfassen an Fläche 13644732 engl. □ Fuss. Nimmt man mit Rücksicht auf die ursprüngliche grosse Seetiefe im Süden von Neakaimeni die Dicke der Lavamassen nur zu 200 Fuss an, so ergiebt sich von 1866 bis 68 die tägliche Zunahme an Gesammtvolumen zu 3860000 Kubikfuss engl. Seitdem bis in das Jahr 1878 schritt aber die Zunahme der Laven noch fort: dort wo vor 1866 das Meer eine Tiefe von 100 m hatte, dehnt sich jetzt ein Lavafeld von 80 m Höhe über Meer und einer Oberfläche von ca. 50 Hektaren aus. Die Höhenzunahme des Kegels Giorgios war ebenfalls eine beträchtliche, während er Ende 1866 nur 68 m Höhe hatte, besass er 1870 eine solche von 119,2 Meter und 1875 von 126 Meter. Bei dieser gewaltigen Eruption hatten grossartige Gas- und Dampfentwicklungen sich unausgesetzt betheiligt. Zum ersten Male wurde mit Sicherheit die Anwesenheit freien

Wasserstoffes, aus einer Trennung des Wassers in seine beiden Bestandtheile hervorgehend, unter den vulkanischen Gasen erwiesen und sicher Flammen dieses Gases wahrgenommen. Mit dem Wasserstoff und Sumpfgas kamen vor: Chlorwasserstoff, schweflige Säure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Stickstoff. Die ersteren beiden in den Ausbruchsstellen mit hoher Temperatur (> 100° C) die drei anderen in allen Fumarolen.

Auch Wasserdampf hat eine grosse Rolle gespielt und war gewiss die Ursache der heftigen Explosionen, ausserdem der Träger aller Fumarolen.

Sehr auffallend und nicht erklärt ist das im Verlaufe der Eruption mehrfach von J. SCHMIDT beobachtete Auftreten von Seetromben.

Die Lava, welche durch diese Eruption gebildet wurde, gehört z. Th. zu der Gruppe der Hypersthenandesite, z. Th. zu den Angitandesiten mit einem geringen Gehalt an Olivin. Die Aschen sind auch hier nur das fein zerstäubte Material der Laven; waren darin im Momente der Zerstäubung schon grössere Krystalle gebildet, so erschienen diese in grosser Menge lose in den Aschen liegend.

Die anderen pag. 552 aufgezählten vulkanischen Inseln der Cykladen sind nur einer ganz kurzen Erwähnung werth. Alle sind auf nicht vulkanischer Unterlage aufgeschüttet. Milos besitzt eine Basis von Granit, Gneiss, und Glimmerschiefer, über welcher Trachyte und Tuffe liegen. Warme Quellen und schweflige Fumarolen verrathen allein die vulkanische Thätigkeit, die besonders um den Berg Kalamo am stärksten ist. Weder auf Milos noch auf einer der anderen Inseln ereignete sich in historischer Zeit eine Eruption.

Je mehr auf dem Studium der im Vorhergehenden erörterten europäischen Vulkane fast unsere ganze Kenntniss von den Vorgängen der Eruptionen, dem Bau der vulkanischen Kegel und den vulkanischen Produkten beruht, um so kürzer kann die Aufzählung der nicht europäischen noch thätigen Vulkane gefasst werden.

Nur einige insulare Vulkangruppen verdienen noch einer besonderen Erwähnung und mögen daher hier zunächst angereiht werden.

Für die Geschichte der Geologie ist die Inselgruppe der Canaren von grosser Bedeutung geworden, denn gerade hier schöpfte L. v. BUCH die erste Anregung zu seiner schon mehrfach genannten Theorie der Erhebungskratere. Die grossen kreisförmigen Kesselthäler von Palma und Teneriffa vermochte er sich nur durch Erhebung und Aufberstung entstanden zu denken. Dass es nur grosse alte Eruptionskratere seien, vermochte man damals noch nicht zu erkennen.

Die canarischen Inseln, 7 an der Zahl, bilden eine Gruppe, in der eine lineare Anordnung keineswegs so hervortritt, wie man dieses vermuthen sollte, da man sie oft als eine Reihe bezeichnet findet. Von O. beginnend, liegen Lanzarota und Fuertaventura beide lang gestreckt von N.-O nach S.-W. untereinander, ebenso diesen parallel weiter nach W. die 3 Inseln Teneriffa, Gomera und Hierro (Ferro). Zwischen Teneriffa und Fuertaventura liegt isolirt Gran Canaria und ebenso weiter nach N.-W. von Teneriffa die Insel Palma. In dem Verhältnisse der Anordnung der Inseln untereinander und zu der nahe gelegenen afrikanischen Küste erkennt man unschwer, dass hier ein ähnliches Verhältniss obwaltet, wie es bei den Cykladen hervorgehoben wurde. Die canarischen Inseln sind als die untermarine Fortsetzung der Atlaskette anzusehen, welche an der nahegegenüberliegenden Küste von Afrika im Cap Ghir und südlich desselben steil und schroff emporsteigt. Genau im Fortstreichen der Gebirgskette liegt die Inselgruppe mit ihrer oben hervorgehobenen Doppelreihe.

Die Insel Palma besteht aus 2 Theilen. Der nördliche Theil stellt einen

gewaltigen Kegelberg dar, in dessen breitem Gipfel ein grosses und tiefes Kraterbecken eingesenkt ist, die Caldera. Von der Südwestseite führt eine tiefe Schlucht, der Barranco de las Angustias in das Innere der Caldera. Während die Kammhöhe des die Caldera umgebenden Wallgebirges 6—8000 Fuss beträgt. liegt der Boden nur 1200' über Meer. Die Tiefe des Kessels beträgt demnach ca. 5000 Fuss. Der Durchmesser misst ungefähr eine deutsche Meile.

An der Austiefung dieses gewaltigen Kraters mag die Erosion ebenfalls einen bedeutenden Antheil haben, wenn auch die eigentliche Entstehung durch ganz ähnliche explosive Katastrophen bewirkt worden sein muss, wie sie am Aetna die Valle del Bove, auf Santorin die grosse Bay geschaffen haben. An den inneren Steilwänden der Caldera zeigen sich ganz übereinstimmende Verhältnisse wie in jenen alten Kraterbecken. Tuffe und feste Lavabänke setzen wechsellagernd die oberen Theile des Ringwalles der Caldera zusammen. Im unteren Theile erscheint ein ganzes Chaos von Diabasmassen und Gängen, zwischen denen aber auch die zu der oberen Abtheilung gehörigen Gänge emporsteigen. Als Unterlage des Ganzen erscheint ein altkrystallinisches, gabbroartiges Gestein.

Auf dem äusseren Abhange des Ringwalles liegen die Reste alter Lateralkegel, und Lavaströme führen von hier zum Meere. Am Fusse des alten Calderakegels liegen neuere Schlackenkegel und Lavaströme. Die Stadt Santa Cruz steht auf solchen. An diesen für sich abgerundeten nördlichen Theil der Insel schliesst sich der wesentlich verschieden gestaltete südliche Theil an, ein von N.-O. nach S.-W. verlaufender Gebirgskamm, die Cumbre vieja, nur durch einen niedrigen Rücken mit der Caldera zusammenhängend. An dem Gebirgsrücken der Cumbre nueva liegen ebenfalls viele isolirte Eruptionskegel und Lavaströme, welche z. Z. jedenfalls sehr junger Entstehung sind.

Auch das Südende der Insel enthält zahlreiche neue Eruptionskegel mit gut erhaltenen Krateren. Hier erfolgte auch im Jahre 1677 der letzte Ausbruch, durch welchen ein grosser Kegel mit weitem Krater entstand, aus dessen Fuss ein Lavastrom hervordrang.

Die Insel Teneriffa, die grösste und wichtigste unter den Canaren, hat eine ganz ähnliche Gestaltung wie Palma. Sie stellt wie diese die Vereinigung eines gewaltigen Kegelgebirges mit einem Gebirgskamme dar. Dieser letztere ist jenem an der nordöstlichen Seite mit einer Kammrichtung von S.-W.—N.-O. in radialer Stellung angelagert, fast senkrecht zu dem Contour des Kegels. Bei Palma liegt die Cumbre nueva südlich dem Calderakegel in der Stellung einer Tangente an. Darin beruht die Verschiedenheit der Gestaltung beider Inseln bei so gleichen orographischen Elementen. In beiden Inseln ist das Streichen des Gebirgskammes conform mit dem der Atlaskette.

Auch Teneriffa besitzt eine Unterlage, die nicht aus jung-vulkanischen Gesteinen besteht, sondern aus älteren krystallinischen Gesteinen, ganz ähnlich den Gesteinen auf Palma. Es ist jedoch diese Diabasformation auf Teneriffa nirgends sichtbar, sei es, dass die älteren Bildungen nicht bis über den Meeresspiegel aufragen, sei es, dass die Decke jüngerer Laven und Schlacken sie vollkommen verhüllt. Bruchstücke solcher Gesteine aber finden sich unter den Auswürflingen der Eruptionskegel in allen Theilen der Insel.

Der nordöstliche Theil der Insel besteht aus dem Anaga-Gebirge, dessen Kamm, ein schmaler, ausgezackter Felsgrat, ca. 1000 Meter Höhe hat und im Nordende der Insel fast von O.—W. verläuft. Daran schliesst sich zunächst eine Unterbrechung, in der ein altes Seebecken gelegen war, jetzt die Stadt Laguna.

Von hier weiter nach S.-W. steigt das Land wieder zu einem breiten Rücken an mit beiderseitig zum Meere abfallenden Gehängen, in welchem tiefe, steile Schluchten als die Wasserrinnen erscheinen, die echten Barrancos.

In der Richtung nach S.-W. nimmt der Kamm schnell an Höhe zu. Im Gipfel des Pedro Gil erreicht er 1839 Meter und hier liegt auch der Knotenpunkt, in welchem der gestreckte, nordöstliche Theil der Insel mit dem grossen Calderagebirge zusammentrifft.

Zwei gegenüberliegende Thalmulden, westlich die von Taoro mit Orotava, südöstlich Val de Guimara schliessen diesen Inseltheil nach beiden Seiten ab, die westlichen Abhänge der beiden Thäler sind schon die steilen Gehänge der domförmigen Gebirgsmasse.

Der untere Theil dieser letzteren, welche den Pic de Teyde auf ihrem Rücken trägt und daher das Fussgebirge des Teyde genannt wird, bildet den grössten Theil der Insel. Während dieselbe nordöstlich von dem genannten Pedro Gil nur eine Breite von ca. 16 Kilom. hat, erreicht sie jetzt eine Ausdehnung von 38 Kilom. von N. nach S.

Das ganze Gebirge bildet einen 2700 Meter hohen Dom, in dessen breitem Rücken eine gewaltige Einsenkung, mit halbkreisförmig verlaufenden, steilen Wänden umgeben, eine Caldera, der auf Palma vergleichbar, sich findet.

Aus dem Grunde der Einsenkung erhebt sich majestätisch zu einer Höhe von abermals mehr als 1500 Meter das von O.—W. etwas langgestreckte Teydegebirge. Umgeben ist dasselbe von neuen Lavafeldern und bimsteinbedeckten Ebenen (Cañadas), welche am Fusse der die grosse Caldera umgebenden Felsmauer sich hinziehen.

Der Durchmesser der Caldera von O.—W. beträgt ca. 19 Kilom., der höchste Punkt der Umwallung ist 2715 Meter; die Höhe der Steilwände ca. 700 Meter an den tiefsten Stellen. Ein Vergleich mit anderen grossen Kraterthälern zeigt, dass keines der Caldera auf Teneriffa auch nur nahekommt. Während das Areal der Caldera auf ca. 188 □ Kilom. geschätzt wird, ist das Areal der Bay von Santorin nur 76 □ Kilom., das der Caldera auf Palma nur 32 □ Kilom., das der Valle del Bove nur 31 □ Kilom. Gerade die ungeheure Grösse dieses Kesselthales schien ihm eine andere Entstehung zuzuschreiben, als den gewöhnlichen Krateren, und so schien die Erhebungstheorie allein im Stande, diese Erscheinung zu erklären.

Der Aufbau des Domes der Caldera aus unzähligen übereinander geschichteten Laven von basaltischer Beschaffenheit zeigt sich überall in den Steilwänden und tiefen Thaleinschnitten. Daran erkennt man, dass dieses Domgebirge entstanden ist aus oft wiederholten Ausbrüchen, in welchem die Produkte derselben sich übereinander aufschütteten, während schon in der ganzen Zeit des Ausbaues auch die zerstörende Wirkung der Gewässer die tiefen Thalrinnen in den Kegelmantel grub. Die gewaltige Circuseinsenkung entstand im Gipfel des Domes durch wiederholte Explosionen und durch die fortdauernde Wirkung der fliessenden Wasser auf die durch diese explosive Zertrümmerung geschaffenen Einzelformen.

So macht der Circus einen einheitlichen Eindruck, während er doch wohl hervorging aus der Vereinigung und Verschmelzung vieler einzelner Explosionskrater. Später wurde das gebildete tiefe Kesselthal durch das central in ihn sich aufbauende Teydegebirge und die diesem entströmenden Laven grösstentheils wieder erfüllt.

Der Pic de Teyde ist inmitten des grossen Calderacircus ein Gebirge in

einem Gebirge. Denn er besteht keineswegs aus einem einzigen Kegel, sondern aus einer Gruppe mehr oder weniger in und übereinander steckender Kegel. Daher ist er auch von O. nach W. gestreckt. Im Osten erhebt sich die Montana Blanca bis zu einer Höhe von 2743 Meter (700 Meter über den Cañadas) und im Westen ragt der steile Kegel des Pico viejo oder der Chajorra mit einem grossen Krater bis zu 3136 Meter empor. Zwischen diesen, beide mit seinem Fuss z. Th. umhüllend, erhebt sich der Teyde bis zu 3711 Meter Höhe.

Als steiler Kegel überragt er weit seinen durch die anderen Kegel gebildeten Unterbau. Lavaströme, aus Obsidian bestehend, ziehen sich an seinem Abhang herab, und ergiessen sich, wie auch die Laven der beiden anderen Kegel in die Ebene der Cañadas. Viele kleine Kegel liegen am Fusse des Teyde zerstreut. Auch diese erhöhen durch ihre Ausbruchsmassen die centrale Ebene der Caldera, die Cañadas. Die grösste Zahl dieser kleinen Kegel findet sich im Westen und Nordwesten des Pico viejo, dort wo die Umwallung der Caldera fehlt. Daher ergiessen sich hier die Laven nach SW., das Fussgebirge überdeckend. Einer der bedeutendsten unter den Kegeln hier ist die M. de Bilma.

Von dieser aus flossen die Laven gegen Westen auf eine wenig geneigte Fläche und von da hinab in das Thal von Santiago.

Das kurze Ende der Insel von hier bis zu dem nordwestlichen Cap, der Punta de Teno, ist wieder von ganz anderer Gestaltung. Das Gebirge, welches hier erscheint, das Tenogebirge, zeigt dieselben Formen wie das Anagagebirge im NO. der Insel. Es ist ein sehr viel älteres, durch die Erosion sehr zerstörtes Kammgebirge, aber auch aus vulkanischen Gesteinen aufgebaut. Nach Osten zu verschwindet der Kamm desselben unter den neuen Laven der Chajorra- und Bilmakegel. Auch in diesem Theile auf der Nordseite des Gebirgskammes, im Thale von Palmar, fanden neue Eruptionen statt, und Lava ergoss sich in das Meer, um sich dort mit anderen Ausbruchsmassen zu vereinigen und am Fusse der alten Klippen das flache Vorland von Buenavista zu bilden.

Das gewaltige centrale Domgebirge sitzt also einem Kammgebirge auf, das nach beiden Seiten, sowohl nach NO. als nach NW. unter demselben hervortritt, überall von basaltischen und anderen vulkanischen Gesteinen überdeckt, welche aus Eruptionskegeln hervorströmten, von denen die Erosion nur noch Rudimente, die dem Gebirgskamme aufgesetzt erscheinen, übrig gelassen hat.

In Folge dieser Mannigfaltigkeit und grossen Altersverschiedenheiten der Eruptionsepochen sind auch die vulkanischen Gesteine von Teneriffa überaus mannigfaltig. Basalte, Basanite, Andesite, Trachyte, Phonolithe, Obsidiane kommen z. Th. in verschiedener Ausbildung vor.

Die älteren Ausbrüche auf Teneriffa sind nur sehr wenig bekannt. Bestimmte Nachrichten über Ausbrüche vor der spanischen Eroberung 1496 fehlen fast ganz und auch nach derselben ist Genaueres nur über eine Eruption von 1798 zu finden, welche aus dem Kegel der Chajorra stattfand. Weniger bedeutende seitliche Ausbrüche hatten in den Jahren 1704—6 sich ereignet.

Hierro und Gomera sind kleine Inseln mit vulkanischen Gesteinen bedeckt; ob die letztere, sehr hohe Insel im Innern Krater besitzt, ist nicht bekannt.

Gran Canaria hat eine fast kreisförmige Gestalt. Auch in ihr erhebt sich über einer Grundlage von Diabas und Gabbro ähnlichen Gesteinen ein ca. 2000 Meter hohes vulkanisches Kegelgebirge, an dessem südlichen Abhange das grosse Kesselthal der Caldeira de la Tiraxana gelegen ist, aus welcher zwei

Barrancos nach aussen führen. Im nordwestlichen Theile der Insel liegen zahlreiche Schlackenkegel mit Kratern und vollkommen frisch aussehenden Lavaströmen.

Fuertaventura ist grösstentheils aus älteren Gesteinen, Diabas und Gabbro gebildet, sowie auch in der langgestreckten Form sich ausspricht, dass ein grosser Calderadom fehlt. Diese Insel verhält sich ganz so wie der nordöstliche Theil von Teneriffa. Ueber älteren Basalten sind aus Schlackenkegeln zu beiden Seiten des Gebirgskammes jüngere Laven in die Thäler geflossen. Der grösste Krater, El Volcan, befindet sich im Mittelpunkte der Insel.

Auch die Insel Lanzerota besitzt keinen grossen Centralkegel mit Caldera. Sie ist überhaupt unter den Canaren die am wenigsten hohe und gebirgige, dennoch ist ihre langgestreckte Gestalt durch einen den Kern der Insel bildenden Gebirgskamm bedingt, der in der nordöstlichen und südwestlichen Spitze derselben deutlich hervortritt. Die Unterlage ist auch hier aus Diabas und Gabbro bestehend, über welchen ältere Basalte liegen. Auf diesen erscheinen jüngere Schlackenkegel mit beiderseitig dem Meere zugeflossenen Basaltströmen. Besonders im mittleren und breiteren Theile der Insel fügen sich die zahlreichen Kegel zu zwei parallelen Reihen aneinander, einer südöstlichen Reihe mit der Montana Blanca, deren Laven alle auch südwestlich zum Meere hinunterreichen, und einer nordwestlichen Reihe mit der Montana del Fuego. Dieser ca. 600 Meter hohe Vulkan liegt inmitten eines gewaltigen Lavafeldes, welches durch die in den Jahren 1730—36 erfolgten furchtbaren und verheerenden Ausbrüche entstand und zugleich in der Mitte der von NO.—SW. streichenden Kette über 30 kleinerer 60—120 Meter hohen Ausbruchskegeln, aus welchen beiderseitig die Lavenmassen dieses grossen Feldes sich ausbreiteten. Die Montana del fuego hatte auch im Jahre 1824 noch einen kleineren Ausbruch.

Die vorhin noch nicht genannten kleineren Inseln dieser Gruppe, die Insel Lobos nördlich von Fuerta ventura und die Inseln Graciosa, Clara und Alle-granza nördlich von Lanzerota bestehen nur aus jüngeren Schlackenkegeln und Lavaströmen.

Auch die Insel Madeira, nördlich von den Canaren gelegen, besteht aus Tuffschichten, Schlacken und Laven. Die Insel stellt nur einen Bergrücken dar, dessen höchste Gipfel Pico Ruivo und Pico de Torres vielleicht Kratere tragen. Mehrere längst erloschene Kratere liegen auf den von der centralen Kette auslaufenden Querkämmen des Palheiro und der Penha d'Aguia. Der Centralkamm aber ist mit Schlackengebilden überdeckt. Diabas, Diabasporphyr und Gabbro bilden die Basis der Insel. Auch die kleine Insel Porto Santo, nördlich von Madeira ist vulkanisch.

Der Archipel der Azoren liegt zwischen 35° 45′ und 39° 45′ nördl. Br. und zwischen 25° bis 31° 30′ westl. L. von Greenwich. Er zerfällt in drei von OSO. nach WNW. ziemlich weit auseinanderliegenden Gruppen. Die Entfernung der äussersten Inseln beträgt 83½ geogr. Meilen. Die ostsüdöstlichste Gruppe besteht aus den beiden Inseln Santa Maria und S. Miguel, die mittlere Gruppe aus den 5 Inseln Terceira, Graciosa, S. Jorge, Pico und Fayal, die nördlichste aus den beiden Inseln Flores und Corvo.

Eine gewisse Uebereinstimmung der vulkanischen Bergformen der Azoren mit den Canaren und mit Madeira ist unverkennbar; im Allgemeinen ist der Maassstab der Gebirgsformen auf ersteren ein kleinerer. Die höchsten Gebirgsrücken und Kuppen ragen nicht über 1200 Meter hinaus. Nur der hohe Kegelberg der Insel Pico steigt bis zu 2538 Meter über das Meer empor.

Eine ganz besondere Eigenthümlichkeit in der Gestaltung bedingen für die Azoren die zahlreichen, länglichen oder kreisrunden Kraterthäler, welche vollkommen geschlossen sind. Auf den Inseln S. Miguel, Terceira, Graciosa, Fayal und Corvo kennt man 7 solcher grösserer Kraterkessel, von denen nur das Thal von Furnas auf S. Miguel durch eine Schlucht entwässert wird.

Auch fehlen diesen Ringwällen die tiefen Schluchten, welche auf den Canaren als Barranco's bezeichnet werden.

Corvo besteht nur aus einem abgestumpften Kegel mit grossem, tiefem, z. Th. mit Wasser erfüllten Kraterbecken.

Flores trägt auf breitem Rücken eine ganze Zahl kleinerer Schlackenkegel, mit verschiedenartigen Laven, deren starke Verwitterung für ein hohes Alter derselben spricht.

Graciosa trägt ein centrales Gebirge, von welchem nordwestlich ein Küstenland mit Schlackenkegeln, im Osten ein Kegel mit grossem Kraterthale gelegen ist.

San Jorge, in der Mitte der mittleren Inselgruppe gelegen, ist aur ein schmaler Bergrücken, über dessen Abhang noch in den Jahren 1580, 1757 und 1808 Lavenströme hinabflossen.

Fayal und Pico bilden eigentlich einen nur durch seichten Meeresarm unterbrochenen, gerade sowie S. Jorge von SO nach NW. lang gestreckten Rücken.

Fayal wird von einem einzigen Bergdome gebildet, in dessen Gipfel ein 1000 Fuss tiefes Kraterthal eingesenkt ist. Der ganze obere Berg ist mit Schlackenanhäufungen nnd Tuffen bedeckt und in den Steilwänden des Kraters sieht man diese mit festen Lavenbänken wechsellagernd. An den tieferen Theilen der nordwestlichen Kegelabhänge brach noch im Jahre 1672 ein Lavastrom hervor, der ein ausgedehntes Lavafeld bis zum Meere bildet.

Pico besteht in seinem westlichen, Fayal zugekehrten Theile aus einem ähnlichen, aber sehr viel höheren und spitz zulaufenden Kegelberge von prächtiger Form, der dem westlichen Ende eines niedrigeren flacheren Gebirgsrückens aufgesetzt erscheint. Er trägt oben einen Krater mit centralem Eruptionskegel. Auf seinen unteren Abhängen liegen zahlreiche Lateralkegel. Aus diesen ereigneten sich die Eruptionen, welche aus den Jahren 1572, 1718 1720 angeführt werden. Die Lava von 1572 brach etwa in der Mitte der Insel am Nordabhange hervor und ergoss sich bis ins Meer. Der südöstliche Theil der Insel schliesst sich als ein langer Gebirgskamm an den Picokegel an, auch hier mit Kraterkegeln und Lavafeldern bedeckt. Auf der Höhe des Gebirges liegt auch die Andeutung einer Caldeira.

Terceira besteht ebenfalls aus einem im Westen der Insel aufragenden Gebirgsdom, dessen abgestumpfter Gipfel etwa 3500′ über das Meer emporragt und einem daran sich anschliessenden Tafelland von ca. 1600′ Höhe, welches mit zahlreichen Schlackenkegeln gekrönt ist und welches im Osten in eine höhere Bergmasse von 4000′ mit abgeflachtem Rücken übergeht. Auch in diesem Theile fehlen Krater und Lavaströme nicht.

In dem westlichen Gebirgsdome ist im Gipfel ein tiefer Doppelkrater eingesenkt, die Caldeira San Barbara. Auf den äusseren Abhängen des Kegels sind eine grosse Menge trachytischer Lavaströme abgelagert. Noch im Jahre 1761 ergoss sich aus dem Pico de Bagacina ein Lavastrom und floss bis an das südliche Gestade.

San Miguel ist die grösste der Azoren und erscheint als ein langge-

strecktes, hohes Tafelland von ziemlich complicirter Gestaltung, über welchem nicht sehr entfernt von der Ostküste der 3570′ hohe Pico da Vara, der höchste Gipfel der Insel, aufragt. Weiter nach Westen folgt der Gebirgsdom der Lagoa da Fogo, und überall ragen vereinzelte Schlackenkegel mit Krateren empor. Zwischen den genannten beiden Kegeln öffnet sich am Südabhange nach dem Meere zu ein weites Kesselthal mit heissen Quellen und erloschenen Schlackenkegeln im Innern, das Thal von Furnas, das seine Entstehung der combinirten Wirkung ursprünglicher Einsenkung, explodirender Ausbrüche und langdauernder Erosion verdankt.

Am Nordwestende erhebt sich eine ebenfalls mit zahlreichen Kraterkegeln gekrönte Anschwellung zu dem hier mit abgestumpften Gipfel aufragenden Dome, welcher das weite Kraterthal, die Caldeira von Sete Cidades einschliesst. In dessen Grunde liegen mehrere Kraterkegel und an der tiefsten Stelle ein See.

Die seit Entdeckung der Insel stattgefundenen Eruptionen scheinen alle in diesem nordwestlichen Theile sich ereignet zu haben. Die Entstehung der Caldeira von Sete Cidades wird in das Jahr 1444 verlegt, was jedoch durchaus unwahrscheinlich ist, es handelt sich bei jenem Ausbruch wohl nur um einen der Eruptionskegel im Innern der Caldeira. Im Jahre 1563 fand eine Eruption statt, welche den heutigen Krater de Lagoa da foco erzeugte und einen alten an dieser Stelle gelegenen Krater zertrümmerte. Im Jahre 1630 ereignete sich ein Ausbruch im Val Furnas und im Jahre 1652 ein solcher ziemlich in der Mitte über der Südküste der Insel an dem Kegel, der heute Pico do Fogo genannt wird.

In älterer und neuerer Zeit sind zwischen der Insel Terceira und San Miguel wiederholt submarine Ausbrüche vorgekommen. Schon aus dem Jahre 1638 wird eines solchen Ausbruches an der westlichen Spitze von S. Miguel Erwähnung gethan. Im Jahre 1719 erhob sich an derselben Stelle ein kreisrundes Eiland, welches bald wieder verschwand. Im Jahre 1811 entstand wieder ein kreisförmiges Eiland nahe der Südküste von San Miguel, der obere Rand eines neu gebildeten Kraters, dessen Inneres das seitlich eindringende Meer erfüllte. Das Sabrina-Eiland verschwand aber bald wieder unter den Wellen. Noch im Juni 1867 wiederholte sich ein solcher submariner Ausbruch.

Santa Maria, die südlichste der Azoren besteht ebenfalls gänzlich aus vulkanischen Gesteinen. Zahlreiche Schlackenkegel mit Krateren und Lavaströmen bedecken dieselben, jedoch erscheinen diese durchweg mehr zerstört und verwittert, sowie auch die Abhänge von tieferen Erosionsrinnen gefurcht sind. Von Eruptionen in historischer Zeit ist nichts bekannt.

Die Insel Island hoch im Norden des atlantischen Oceans (64—66° nördl. Br.) gelegen, ist ebenfalls eines der ausgezeichnetesten Gebiete vulkanischer Thätigkeit. Ein Theil der Oberfläche der 1800 □ Meilen grossen Insel ist von ewigen Gletschern bedeckt und daher ihr Inneres noch wenig genau erforscht. Ueber mächtigen Ablagerungen tertiärer vulkanischer Gesteine, Basalte, Trachyte, Obsidiane und deren Tuffe sind die Produkte zahlreicher noch heute thätiger Vulkane abgelagert. Ein grosser Theil der ersteren ist submariner Entstehung und erst durch allmähliches Einsinken der Strandlinie in ihre jetzige Höhenlage über das Meer gekommen. Man kennt jetzt auf Island mindestens 26 noch thätige Vulkane. Die bekanntesten derselben sind der fast 5000 Fuss hohe Hekla, ein länglicher Kegel mit mehreren dampfenden Lateralkegeln. Der Hekla hatte in den vorhergehenden Jahrhunderten zahlreiche Eruptionen, eine letzte im Jahre 1845, welche einen Theil des Berges zerstörte.

Der Skaptar Jökull hatte 1783 eine furchtbare Eruption, bei welcher zwei ungeheuere Lavaströme, einer 50 Kilom. lang und 15 Kilom. breit, der andere 40 Kilom. lang und 7 Kilom. breit, stellenweise bis zu 80 Meter dick sich ergossen. Die Eruption im Januar 1873, deren Asche bis an die Küste von Norwegen getragen wurde, ereignete sich ebenfalls am Skaptar.

Der höchste Berg von Island ist der Oroefa Jökull, der im 14. Jahrhundert Eruptionen hatte, dann lange erloschen schien, bis er im vorigen Jahrhundert wieder in Thätigkeit überging. Der Kötlugja Jökull, ist nächst dem Hekla der thätigste Vulkan, der zahlreiche Eruptionen, die letzte 1860 aufzuweisen hat. Eine ganze Reihe der anderen Vulkane haben bis in dieses Jahrhundert hinein sich thätig erwiesen.

Die ausgedehnteste aller Lavenflächen in Island, ist die Lavenwüste Odadahraun[1]) nördlich von der grossen, die höchsten Parthien des centralen Hochlandes bedeckenden Firnfläche des Vatnajökull. Diese Lavafelder umfassen ein Areal von 3400 □ Kilom. Die zahlreichen Lavaströme dieses Gebietes sind aus einer noch unbekannten Zahl von Krateren hervorgebrochen, deren südliche von den Gletschermassen des Vatnajökull bedeckt sind. Im nördlichen Theile liegen die thätigen Vulkane in Dyngjufjöll, einem von Hunderten von Krateren besetzten Plateau, die in vielen Reihen angeordnet liegen. Manche der in diesen Gebieten stattgehabten Eruptionen können nicht auf bestimmte Krater zurückgeführt werden, so in diesem Jahrhundert die Eruptionen von 62, 67, 73 und 83. Hier liegen die Vulkane Trölladyngja, nahe einer siebenfachen Kraterreihe mit zahlreichen Strömen, der Herdubreid, der grosse Kollotta Dynaja mit gewaltigen Lavenmassen umgeben und viele andere. Kaum ein zweites Gebiet der Erde ist an dichter Häufung, an Zahl und Grossartigkeit der Vulkane und Ausbruchsmassen mit diesem zu vergleichen.

Der mit den Vulkanen in Verbindung auftretenden heissen, intermittirenden Quellen, der Geisir ist an anderer Stelle (Artikel Quellen, Bd. III, pag. 132) ausführlich gedacht worden.

Auch die Insel Jan Mayen trägt einen oder zwei thätige Vulkane.

Bei den noch thätigen vulkanischen Gebieten der aussereuropäischen Continente, deren Kenntniss entweder eine nur unvollkommene ist, oder deren Thätigkeit keine neuen Gesichtspunkte zur Beurtheilung des Vulkanismus überhaupt gewährt, können wir uns mit wenigen Ausnahmen auf eine kurze Aufzählung beschränken.

Vulkane in Afrika.

An der Westküste von Afrika, am Meerbusen von Guinea, liegt das bis zu 14000′ aufsteigende Kamerungebirge, ein gewaltiger Centralvulkan, in dessen centralem höchsten Kegel ein Krater eingesenkt ist, während auf den Abhängen zahlreiche Lateralkegel und Lavaströme verbreitet sind. Gegenüber in der Bai von Guinea liegen die vulkanischen Inseln Fernando Po, S. Thomé und Annabon als Fortsetzung der vulkanischen Gebiete der Küste selbst. Die Linie dieser Inseln führt in ihrer Verlängerung auf S. Helena hin.

An der Westküste, unter 10° südl. Br., liegt der thätige Vulkan Zambi.

Die capverdischen Inseln, 14 an der Zahl, sind ebenfalls z. Thl. noch thätig. Der 8600 Fuss hohe Kegel auf der Insel Fogo, der höchsten der Gruppe, hatte seit dem Jahre 1564 15 Eruptionen, die letzte im April 1847. Auf Mada-

[1]) THORODDSEN, TH.: Eine Lavawüste im Innern Islands. PETERMANN, Mittheil. 31. Bd. 1° IX. pag. 327.

gaskar werden 4, auf den Comoroinseln 2, auf der Insel Pamanzi, alle östlich von Afrika gelegen, ein grosser thätiger Krater angegeben.

In der äquatorialen Gegend des östlichen Afrika liegt ein ausgedehntes Gebiet z. Thl. erloschener, z. Thl. noch thätiger Vulkane. Zu den ersteren gehört der hohe Kilimandscharo, zu den letzteren der Doengo-Mburo und der Sabu und der diesem benachbarte Winzegoor. Nördlich der Meerenge von Bab-el-Mandeb liegen ebenfalls mehrere Gruppen noch thätiger Inselvulkane.

Vulkane in Asien.

Das langgedehnte vulkanische Gebiet an der Küste von Klein-Asien, welches einerseits eine nordsüdliche anatolische Reihe, zu der auch die Insel Nisyros gehört, andererseits eine westöstliche Reihe besitzt, welche am Busen von Smyrna beginnt, kann vielleicht auch noch zu den thätigen gerechnet werden. Der grosse Ararat, der höchste Berg Armeniens (17250 Fuss engl.) befand sich sicher noch bis zum 15. Jahrhundert in Thätigkeit. Auch der kleine Ararat ist ein Vulkan. Der hohe (13000 Fuss) Demavend zwischen dem Kaspischen Meer und den persischen Ebenen raucht von Zeit zu Zeit aus seinem Hauptkrater. Der an der Ostseite des Kaspischen Meeres, an der Bucht von Mangischlak gelegene Vulkan Abischtscha stösst beständig Dämpfe und Schwefelgase aus.

Ein im Distrikt von Kobistan, 49 Werst von dem durch seine Erdbeben bekannt gewordenen Schemacha gelegener Vulkan, der Degneh trat im Jahre 1866 in Eruption.

Auch das vulkanische Gebiet von Arabien scheint wenigstens in historischer Zeit noch thätige Vulkane besessen zu haben, wenngleich sie augenblicklich erloschen sind. Die Stadt Aden liegt in einem dieser erloschenen Kratere.

In Central-Asien, im Thian-Schan, sollen nach älteren Nachrichten zahlreiche Vulkane sich befinden. Zumal seit Humboldt nach den Berichten früherer Reisenden, nach chinesischen Geschichtswerken und nach eigenen Erkundigungen bei Einwohnern benachbarter Bezirke zahlreiche Angaben hierüber veröffentlichte, nahm man an, dass jenes Gebirge Sitz ausgebreiteter vulkanischer Thätigkeit sei — einzig in ihrer Art, weil weit von jedem Meere entfernt, inmitten eines grossen Continentes. Allein schon 1840 wurde die Nichtexistenz eines dieser Vulkane am See von Alakul nachgewiesen. Im Jahre 1856 zeigte Semenow, dass die angeblichen Vulkane von Kullok und Katu im Thale des Ili nur auf durch brennende Kohlenflötze hervorgerufenen Erscheinungen beruhen, und gleiches hat Muschketow neuerdings für die angeblichen Solfataren von Urumtschi, Turfan und Kukscha nachgewiesen. Indessen bleibt ein Punkt zweifelhaft: der Berg Baischan oder Peschan, für welchen die chinesischen Quellen genauere Angaben machen: »Baischan stösst fortwährend Rauch und Flammen aus; auf einer Seite brennen alle Steine, sie schmelzen und fliessen ein Dutzend Li (1 Li = 575·5 M.) weit. Die geschmolzene Masse erhärtet bei der Abkühlung. Hier wird auch Schwefel gewonnen.« Die Annahme, dass es sich hier um einen wirklichen Vulkan handle, wird durch eine Beobachtung Stoliczka's wahrscheinlich gemacht, der bei einer Excursion nördlich von Kaschgar, im südlichsten Theile des Thian-Schan, etwas südlich vom See Tschatyrkul, einen deutlichen, erloschenen Krater sah. Uebrigens liegt in einem östlichen Theile Asiens, in der Mandschurei, ein zweiter Vulkandistrikt ebenfalls fern vom Meere. 25 Kilom. von der Stadt Mergen, am Noni, einem Nebenfluss des Songari, der sich in den Amur ergiesst, liegen Vulkane, über deren Ausbrüche chinesische Schriftsteller berichten; die letzte Eruption soll

daselbst 1720 stattgefunden haben. Diese Angaben werden durch die Beobachtung des Fürsten Krapotkin bestätigt, nach welcher in dieser Gegend erloschene Vulkankegel mit sehr frisch aussehenden Lavaströmen sich finden. —

Die Halbinsel Kamtschatka ist an ihrer Ostküste mit einer Reihe von 38 oder mehr, z. Th. thätigen Vulkanen besetzt, von denen einige, so z. B. der fast 15000′ hohe Kliutschewskaja Sopka, der fast 10000′ hohe Schewelutsch, der 8000′ hohe Awatscha zu den mächtigsten Kegeln überhaupt gehören, da sie fast unmittelbar vom Meere bis zu dieser Höhe emporsteigen.[1]) Eine weiter im Innern von Kamtschatka gelegene zweite Vulkanreihe ist nur wenig bekannt und wahrscheinlich erloschen.

Ganz ungeheuer ist die vulkanische Thätigkeit auf den zahlreichen Inseln, welche wie ein Saum längs der ganzen Ost- und Südküste des asiatischen Continentes sich an einander reihen.

Von den japanischen Inseln hat Nipon 6, Jeso 17 Vulkane, unter den letzteren der Asama-yama, der im Jahre 1870 zuletzt thätig war und der über 12000′ hohe Fusino-yama zu erwähnen, der ebenfalls häufige Eruptionen aufzählt.

Die noch nördlicher gelegenen Inselketten der Kurilen stellen mit ca. 20 Vulkanen die Verbindung der japanischen und der Vulkane von Kamtschatka dar, an dessen südlichster Spitze sie beginnen, dagegen greift die Kette der Aleuten mit zahlreichen erloschenen und vielen noch thätigen Vulkanen nach dem nordamerikanischen Continent hinüber und schliesst hier die Verbindung mit der westlichen Küstenreihe dieses Festlandes ab. Formosa hat 4 Vulkane, von denen 3 fast immer thätig sind, auf den Phillippinen liegen ebenfalls zahlreiche Vulkane, auf Luzon selbst 3 thätige, der Taal oder Pulo in der Lagune von Bombon sich erhebend, der grosse Albay oder Mayon mit vielen Ausbrüchen bis in die letzte Zeit (1871, 1875, 1881) hinein und der hohe, rauchende Bulusan. Die zahlreichen Erdbeben, welche alle diese Inseln von Japan an südlich heimsuchen, lassen meistens einen direkten Zusammenhang mit vulkanischen Aeusserungen erkennen und verweisen in ihren Oberflächenmittelpunkten auf eines der zahlreichen vulkanischen Centren.

Zu den Molukken gehört die Insel Sangir, auf welcher der Gunung Awu noch 1856 Ausbrüche hatte. Celebes hat 11 Vulkane, von denen der Klabat 6000′ hoch, durch eine Eruption 1680 theilweise zerstört, der Kemas im Jahre 1694 dagegen erst entstanden. Auch Giloto und Ternate tragen noch jetzt thätige Vulkane. Das grossartigste Gebiet vulkanischer Thätigkeit auf der Erde überhaupt ist aber das Gebiet der Sundainseln. Ohne auf die zahlreichen kleineren Vulkaninseln, welche auf dem Gebiete zwischen Neu-Guinea, Mindanao und den Nikobaren und Andamanen westlich von Malakka ausser den schon genannten, zu den Molukken gehörigen, zerstreut liegen (ihrer mögen wohl fast 100 sein), eines Näheren einzugehen, sollen hier nur die grösseren Inseln genannt werden, welche auch z. Th. am besten bekannt sind. Flores, Sumbava, Java und Sumatra. Ein Blick auf eine Karte von Asien zeigt uns, wie diese und die andern zu derselben Reihe gehörigen Inseln in einem regelmässigen Bogen, genau hintereinander liegend den südasiatischen Archipel umspannen. Auch hier ist als Unterlage der vulkanischen Bildungen auf den meisten Inseln, so namentlich auf Java und Sumatra das Auftreten älterer geologischer Formationen und krystallinischer Gesteine

---

[1]) K. v. Dittmar: Die Vulkane und heissen Quellen Kamtschatka's. Petermann's Mittheil. 1860, pag. 66.

nachgewiesen. Auch diese Inselkette ist daher nichts anderes, als eine untermeerische, einst gewiss continentale Gebirgskette, auf deren Rücken sich die Vulkane an einander gereiht haben, nicht selbstthätig sich die grossen Spalten öffnend, die in ihrer Anordnung sich andeuten, sondern im Grossen und Ganzen in ihrer Lage bedingt durch die orographischen Züge eines untergesunkenen Festlandes. Im Einzelnen kommt dabei gewiss auch lineare Anordnung auf eigens gebildeten Spalten vor.

Auf Flores gehören mindestens drei Vulkane zu den thätigen, nämlich der 8488 par. Fuss hohe Ombu-Riombo, der Yedja, der im Jahre 1867—68 in Eruption begriffen war, und der um jene Zeit ebenfalls thätige Lobetobi.

Zu den berühmtesten Vulkanen gehört der Temboro auf Sumbava, welcher im Jahre 1815 eine Eruption hatte, deren Getöse in ungeheurem Umkreise gehört wurde, welche rings Tod und Verderben über die Umgebung brachte und den Gipfel des jetzt noch 8500' hohen Kegels um 4000' erniedrigte: das Beispiel einer gewaltigen Gipfelexplosion, wie sie wohl auch der Bildung der Valle del Bove am Aetna und der Bay von Santorin zu Grunde gelegen haben mögen.

Java hat allein über hundert erloschene und noch jetzt thätige Vulkane. Die wesentliche Anordnung derselben folgt dem alten Gebirgskamme, welcher die schmale, langgestreckte Gestalt von Java bedingt. Diese Hauptreihe verläuft daher von O. nach W. Von dieser liegen nur wenige Vulkane nördlich oder südlich. Viele Vulkane der Hauptreihe haben eine Höhe von 8—10000', einige noch mehr; die meisten und gerade die höchsten, erheben sich steil aus Tiefebenen, die nur wenig über dem Meeresspiegel liegen und sind daher gewaltige Kegel.

Die wichtigsten unter denselben sind von O. nach W. gezählt: Der Raun, nahe der schmalen Ostküste, mit ungeheurem Gipfelkrater, einer der tiefsten aller bekannten mit dampfenden Laven, der noch mehrere Eruptionen in diesem Jahrhundert hatte. Er ist einer der 6 Kegel, welcher die Gruppe des Idjen-Raungebirges bilden und im Kreis um das 10000' hohe Plateau dieses Gebirges herumstehen. Ein anderer thätiger Kegel ist der Widodarin.

Der Semeru, 3740 Meter hoch, ist der höchste Vulkan von Java. Der Jengger, ein ganzes Gebirge mit einem ungeheuren Krater von 5Seemeilen Durchmesser und 3—500 Meter hohen, schroffen Wänden umgeben, in dessen Innerem 4 eigentliche Eruptionskegel stehen, von denen der thätigste, der Bromo, eine ganze Reihe von Ausbrüchen in diesem Jahrhundert zählt.

Der thätigste aller javanischen Vulkane ist der Lamongan mit Doppelkegel und wassergefüllten Kraterbecken rings um seinen Fuss.

Der Gelungung mit langem, spaltenähnlichem Kraterschlote, hatte im Jahre 1822 eine gewaltige Eruption, durch welche er nach langer Zeit der Ruhe wieder in Thätigkeit trat. Vorher war er nicht einmal für einen Vulkan gehalten worden

Der Guntur ist fast unausgesetzt thätig und hat jährlich mehrmals Ascheneruptionen.

Südwestlich der grossen Ebene von Batavia liegt eine dichte Gruppe von Vulkanen und südlich wird dieselbe Ebene von einem Gebirge begrenzt, in welchem der Salak und der Gede, eines der kolossalsten Vulkangerüste aufragt. Ein mächtiger Kegel trägt einen ungeheuren Krater, in diesem liegt ein zweiter Kegel, der erloschene Pangerango, mit grossem Krater und darin nochmals ein riesiger dritter Kegel. Ein zweiter und noch thätiger Kegel, der Gede, liegt ausserdem in dem grossen äussersten Kraterkessel. Dicht an dem südwestlichen

Vorsprunge von Java, dem sogen. Javas Hoofd, liegt der Pajoeng und weiter nördlich an der Peper Bay die Gruppe des Karang.

In der Sundastrasse zwischen der Südostküste von Sumatra und dem hier nördlich von Varkenshook gelegenen Vulkan Gunung Radja Bassa und der Westküste von Java genau auf einer Linie, welche den oben genannten Vulkan mit dem Pajoeng verbindet, liegt der durch seine Eruption vom 26. August 1883 berühmt gewordene Krakatau, ungefähr im Centrum der von Java und Sumatra umschlossenen grossen Sundabay unter 105° 26' östl. L. und 6° 8' südl. Br. Der Krakatau hatte 1883 eine der furchtbarsten Eruptionen, welcher eine lange Ruheperiode vorausgegangen zu sein scheint, während welcher der 822 Meter hohe Vulkan sich bis zu seinen Gipfel bewaldete. Auf eine etwa 200 jährige Ruhe des Vulkans deutet der Bericht des Bergmeisters P. VOGEL über den Krakatau-Ausbruch des Jahres 1680. Derselbe sah am 1. Februar 1681 die früher grüne und baumreiche Insel ganz ausgebrannt und öde, worauf ihm von Seite des Schiffskapitains mitgetheilt wurde, dass die Insel im Mai 1680 nach einem grossen Erdbeben unter lautem Donnern und Krachen entzwei brach und durch einen Ausbruch verheert wurde, in Folge dessen Bimsteine weithin das Meer bedeckten. Ueber die ersten Anfänge der Eruption von 1883 liegen keine genauen Nachrichten vor. Die ersten Beobachtungen wurden von Schiffern gemacht, welche die Sundastrasse passirten. So sah man am 20. Mai von dem deutschen Kriegsschiffe Elisabeth aus eine Wolke aus dem Krater sich erheben, deren Höhe nach genauen Messungen 11000 Meter betrug und gleichzeitig fiel trotz der bedeutenden Entfernung feine Asche auf das Verdeck. Aehnliche Erscheinungen wurden noch von mehreren Schiffen aus beobachtet, auch von der Westküste Java's aus gesehen, bis nach Batavia hörte man die Detonationen. Nach einigen Tagen nahmen die Erscheinungen ab, doch scheint bis Ende August schwächere Thätigkeit mit einigen heftigen Paroxismen gewechselt zu haben, denn Ende August traf der englische Dampfer Siam 16 Grade westlich von der Sundastrasse grosse Massen von schwimmendem Bimstein, welche nur vom Krakatau herrühren konnten. Ueber die Katastrophe, welche am 26. August Abends hereinbrach, und am Vormittag des 27. ihren Höhepunkt erreichte, haben wir nur Berichte von Schiffen, welche in jener Zeit die Sundastrasse passirten, sowie von den Küsten Java's und Sumatra's. Krakatau war unbewohnt, und auf den nächstgelegenen Inseln (wie z. B. auf dem 20 Kilom. entfernten Sebesie) wurde die gesammte Bevölkerung vernichtet. — Um 2½ Uhr Nachmittags bemerkte das englische Schiff »John Bull« eine verstärkte Thätigkeit des Vulkans, gegen Abend fiel Asche in Lampong auf Sumatra und auf der javanischen Küste trat unmittelbar nach Sonnenuntergang vollkommene Dunkelheit ein. Detonationen von Krakatau her wurden hörbar. Das Meer wurde unruhig, heftige Wellen warfen Schiffe an's Land, ein Theil der Ufer wurde überschwemmt, doch war der Verlust an Menschenleben noch unbedeutend. Schiffe, welche an dem südlichen Eingang der Sundastresse waren, wurden mit dichtem Aschenregen überschüttet. -- Auf dem Verdeck der »Berbice« lagen die Auswürflinge um ein Uhr Nachts meter hoch. Finsterniss und Aschenfall herrschten durch die ganze Nacht, welche nur durch fortwährende Blitze sowie das im Tauwerk und an den Mastenspitzen flammende St. Elmsfeuer erhellt wurde. Der Matrose am Steuerrad konnte kaum seinen Platz halten wegen der fortwährenden elektrischen Schläge, die er bei jeder Berührung der Metalltheile des Rades erhielt. Aehnliche Berichte rühren von den Schiffen »Charles Ball« und »Gouverneur Laudon« her,

welche sich gleichfalls in der Nacht vom 26. zum 27. August in der Nähe des Krakatau befanden. Die Sundastrasse und die angrenzenden Theile Java's und Sumatra's wurden mit Bimstein und Asche überschüttet. Am Morgen des 27. brachen mächtige Sturzwellen, von den vulkanischen Explosionen erregt, über die Küsten herein; die stärkste nach der furchtbaren Detonation, mit welcher ungefähr um 10 Uhr Vormittags der Ausbruch seinen Höhepunkt erreichte. Eine etwa 30 Meter hohe Woge eilte auf das Land zu, Städte, Dörfer, Wälder vernichtend. Der überaus grosse Verlust an Menschenleben (nach amtlichen Nachrichten gingen etwa 40000 Personen zu Grunde), dürfte hauptsächlich auf Rechnung dieser Woge zu stellen sein. Aschenregen, Explosionen, Sturm und Gewitter dauerten fort, erst am Morgen des 28. August wurde es wieder hell, doch war der Ausbruch noch nicht vorüber, nur hatte seine Kraft bedeutend nachgelassen. Von der Insel Krakatau, welche vor dem Ausbruche 33,5 □ Kilom. Fläche hatte, war der grössere Theil in die Luft geblasen worden, nur 10,5 □ Kilom. waren von der alten Insel übrig geblieben, an diese Ruine aber beiderseits Streifen neuen Landes durch die Aufschüttung von Auswürflingen gebildet worden, so dass der Gesammtumfang jetzt 15,5 □ Kilom. beträgt. Zwei neue Inseln: Calmeyers und Steers Eiland, 4 und 3 □ Kilom. gross, hatten sich gebildet, welche nur wenige Meter über den Wasserspiegel hervorragten, seither auch wieder von den Wogen weggespült wurden. Wo früher der nördliche Theil der Insel Krakatau lag, sind jetzt Meerestiefen von 200 bis 500 Meter, aus deren Mitte eine einzelne Klippe aufragt (wahrscheinlich ein Gang aus festem Lavagestein, der bei der Eruption stehen blieb, während die losen Aufschüttungsmassen in die Luft geblasen wurden). Der Meeresboden in der Umgebung wurde beträchtlich erhöht. Ungeheuere Massen von Bimstein schwammen auf dem Meer und bildeten schwimmende Inseln, die mehrere Meter über den Wasserspiegel emporragten. Die Masse der Auswürflinge wird von VERBEECK auf mindestens 18 Cubikkilom. geschätzt, wovon etwa 12 in einem Umkreise von 12 Kilom. um den Vulkan niederfielen und hier eine etwa 20—40 Meter mächtige Lage bildeten. — Der Aschenfall verwüstete grosse Strecken Landes auf Java; die ganze Nordhälfte des Bezirkes Bantam wurde in eine mit einer Aschenschicht bedeckte Wüste verwandelt. Die Dunkelheit, welche der Aschenfall verursachte, machte sich auf einem sehr grossen Areal bemerkbar, selbst in Batavia musste man Vormittags zwischen 11 und 12 Uhr die Lampen anzünden. Ungeheuer gross ist der Flächenraum, über welchen die Detonationen des Krakatau gehört wurden. Der Schall verbreitete sich auf eine Entfernung von etwa 3400 Kilom. — über einen Umkreis der ein Fünfzehntel der Erdoberfläche beträgt. Die entlegensten Punkte, an welchen die Detonationen wahrgenommen wurden, sind Ceylon, die Andamanen, Saigon in Cochinchina, die Philippinen, die Geelvinkbai auf Neu-Guinea und Perth im südwestlichen Australien.

Die grosse Welle, welche die stärksten Explosionen verursachten, pflanzte sich durch alle Meere fort. Im gesammten Gebiet des indischen Oceans, auf Ceylon, Mauritius, in Port Elizabeth, in Süd-Afrika, in Aden am Eingange des rothen Meeres wurde sie bemerkt, sie bewegte sich über den stillen Ocean gegen Osten, wo sie an den Küsten Nord-Amerika's brandete (San-Francisko), ja selbst in das atlantische Meer pflanzte sie sich fort, wo sie an den französischen Küsten und am Isthmus von Panama beobachtet wurde.

Die grossen Explosionen verursachten auch eine gewaltige Wellenbewegung in der Atmosphäre, welche sich fünf bis sechs Tage lang in allen genaueren und stetigen Barometer-Aufzeichnungen auf der ganzen Erdoberfläche in Gestalt von

Barometerschwankungen sehr auffallenden Verlaufes zu erkennen gaben. General STRACHEY hat zuerst auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht. Professor FÖRSTER in Berlin sagt über dieselbe Folgendes: »Die erste atmosphärische Welle jenes Ursprunges ist in Berlin etwa zehn Stunden nach der Katastrophe erschienen, woraus unter Zugrundelegung der kürzesten Entfernung Berlins von dem Ursprunge eine Geschwindigkeit der Fortpflanzung dieser Wellenbewegung im Betrage von etwas mehr als 1000 Kilom. in der Stunde sich ergiebt, nahezu übereinstimmend mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles, wie auch aus den barometrischen Aufzeichnungen an anderen Orten der Erde gleichmässig ermittelt worden ist. Etwa 15 Stunden nachher ist sodann eine zweite, ganz ähnliche Barometerschwankung eingetreten, welche aber nichts anderes darstellt, als das Erscheinen derselben Luftwelle auf dem zweiten, erheblich längeren Wege, den dieselbe über Amerika nach Europa zurückgelegt hat. Berücksichtigt man nämlich den Unterschied der beiden Wegelängen einmal von der Sundastrasse nach Berlin über Ost-Indien, das andere Mal über Amerika, so ergiebt sich, unter Annahme der vorerwähnten Geschwindigkeit der Fortpflanzung in der That eine Verspätung der über Amerika ankommenden Luftwelle von nahezu 16 Stunden.

Im weiteren Fortgange hat alsdann die ganze Welle die Umkreisung der Erde vollführt, deren Dauer unter der Annahme jener Geschwindigkeit, etwa 36 Stunden betragen musste. In der That erscheint denn auch fast genau nach 36 Stunden in Berlin auf dem Wege über Ost-Indien wieder eine, der ersten Schwankung ganz entsprechende, barometrisch erkennbare Welle, nur mit etwas verminderter Stärke. Die entsprechende Wiederkehr der über Amerika hierher gelangten Wirkung findet dagegen schon nach ungefähr 34 bis 35 Stunden statt, was sich in Uebereinstimmung mit der an anderen Orten beobachteten Folge der Erscheinungen daraus erklärt, dass auf dem Wege von Westen nach Osten hin die Geschwindigkeit der Fortpflanzung deshalb grösser ist, weil in der Atmosphäre im Ganzen und Grossen eine Strömung von Westen nach Osten vorwiegt. Zum dritten Male erfolgte sodann die Ankunft der Wellenbewegung über Ost-Indien in Berlin etwa 37 Stunden nach der zweiten Ankunft. Von da ab ist bei abnehmender Stärke der Schwankungen die Wiederkehr der einzelnen Wellen nicht mehr mit Sicherheit zu verfolgen, doch blieben bis zum 4. September immer noch sehr kleine Schwankungen ungewöhnlichen Verlaufes in den Aufzeichnungen sichtbar. Man kann aber constatiren, dass die von der vulkanischen Katastrophe verursachte Wellenbewegung in der Atmosphäre mächtig genug gewesen ist, um drei- bis viermal die ganze Erde zu umkreisen, und wenigstens im Anfange Druckschwankungen bis zu $\frac{1}{500}$ des ganzen Atmosphärendruckes hervorzurufen, was sicherlich auch auf Kraftleistungen schliessen lässt, durch welche erhitzte Gase und vulkanische Staubmassen bis in sehr hohe Schichten der Atmosphäre empor getragen werden können.« —

Wahrscheinlich standen auch die gegen Ende des Jahres 1883 fast auf der ganzen Erde vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang wahrnehmbaren ungewöhnlichen Dämmerungserscheinungen mit der Krakatau-Eruption im Zusammenhange. Diese ungewöhnlichen Lichterscheinungen, welche, wie es scheint, in den höchsten Theilen der Atmosphäre ihren Sitz hatten und lange vor der eigentlichen Morgendämmerung, lange nach der wirklichen Abenddämmerung den Himmel bis über den Zenith hinaus mit dunklem Roth färbten, wobei zuweilen noch andere, der gewöhnlichen Dämmerung fremde Farben auftauchten, wurden

Gegenstand zahlreicher Hypothesen. Manche Autoren erklärten die Erscheinung als gewöhnliche, nur ungewöhnlich intensive Dämmerungserscheinung (so die Professoren WEINEK und LORSCHEID); ausgehend von der FORBES'schen Erklärung der Abendröthe nahmen sie ungewöhnlichen Reichthum der Atmosphäre an Wasserdampf an. Andere (so R. FALB und W. MEYER) schrieben die Erscheinung dem Vorhandensein zarter Eisnadeln zu, welche die Atmosphäre in grosser Ausdehnung und Höhe erfüllten. Während aber FALB meint, dass die Ursache dieser constanten Eisnadelsättigung der Luft von Seite der Meteorologen erst zu suchen sei, glaubt MEYER, dass die Erde plötzlich in eine kosmische Wolke von Eisnadeln eingedrungen sei, welche vorher im Weltenraume umherschweifte, nun aber theilweise vom Luftmantel der Erde aufgefangen worden sei. NORDENSKJÖLD hatte sich schon früher mit der Untersuchung dunkler Staubmassen, die auf skandinavischen Schneefeldern gefunden wurden, beschäftigt, und ist dadurch auf die Hypothese geführt worden: unsere Erde treffe von Zeit zu Zeit mit kosmischen Staubwolken zusammen, von denen dann ein Theil in das Luftmeer eindringe. Analytische Untersuchungen von dunkler Materie, welche in der Nähe von Stockholm auf Schneefeldern beobachtet wurde, sollen Spuren von Kobalt und Nickel ergeben haben. Von vielen Seiten wurde dem gegenüber auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen, dass durch den Krakatau-Ausbruch eine enorme Menge feinsten Staubes in die höheren Theile der Atmosphäre gebracht worden sei. LOCKYER hat dies unter mannigfachen Uebertreibungen — er spricht von dem vollständigen Verschwinden einer ungefähr 2500 Meter hohen Insel, von einer 300 Meter hohen Wasserwoge u. s. w. — behauptet.

MAC PHERSON in Madrid hat durch Untersuchung frisch gefallenen Schnee's, in welchem er Hypersthen, Pyroxen, magnetisches Eisen und vulkanisches Glas fand, diese Hypothese bestätigt; ebenso sind BEYERINCK und VAN DAM in Holland bei Untersuchung des Rückstandes, welchen die auf eine Fensterscheibe fallenden Regentropfen zurückliessen, zu ähnlichen Resultaten gelangt. Anderwärts ergab die Untersuchung des auf Schneeflächen gesammelten Staubes auch negative Ergebnisse, — so in Köln und Magdeburg. Eine wesentliche Stütze der LOCKYER'schen Hypothese bildet die Analogie der Erscheinungen, welche nach manchen Eruptionen eingetreten sind: der Höhenrauch von 1783, welcher wahrscheinlich durch Ausbrüche auf Island verursacht wurde und in einem grossen Theile Europa's sichtbar war, sowie die Dämmerungserscheinungen, welche 1831 im August begannen und bis gegen Ende September anhielten, nachdem im Juli die submarinen Ausbrüche stattgefunden hatten, welche die Insel Julia (auch Ferdinandea, Graham, Hotham oder Nerita-Insel genannt) entstehen liessen.

Aehnliche Dämmerungserscheinungen waren auch im Herbst 1864 nach einer submarinen Eruption zwischen Sicilien und Pantelleria bemerkbar.

Sumatra hat 19 Vulkane, welche in einer Reihe die Insel durchziehen; 7 davon sind noch jetzt thätig, darunter der höchste der Dempo, über 11000' hoch, beständig rauchend. Der Gunung Merapi fast 9000' hoch ist der thätigste Vulkan von Sumatra und hatte 1845 eine grosse Eruption.

Auch auf Borneo sind thätige Vulkane bekannt. In der nordwestlichen Fortsetzung der Vulkanreihe von Sumatra liegt zum Andamanenarchipel gehörig die merkwürdige Barren-Insel. In einen äusseren Kraterwall ist das Meer durch eine Oeffnung eingetreten und bildet eine geschlossene Bay, in deren Mitte ein

jetzt thätiger Eruptionskegel mit grossem Krater aufragt. Die beständige intermittirende Thätigkeit scheint ganz mit der des Stromboli pag. 543 übereinzustimmen. In der äusseren Gestaltung erinnert die Insel an die Verhältnisse von Santorin.

Auch auf Neuguinea, Neubritannien scheinen noch mehrere thätige Vulkane zu liegen.

Vulkane in Amerika.

Nirgendwo auf der Erde tritt der Zusammenhang in der continentalen Gestaltung und der reihenförmigen Anordnung der Vulkane so deutlich entgegen als in der über 120 Breitengrade vom 60.° n. Br. bis zum 60.° s. Br. verlaufenden Küste von Nord- und Süd-Amerika, welcher eine im Verhältnisse zu ihrer Länge nur durch kurze Intervalle unterbrochene Reihe von Vulkanen folgt.

Die vulkanische Inselkette der Aleuten schliesst, wie schon oben gesagt, die Verbindung des vulkanischen Küstensaumes von Asien ab, indem sie als Verlängerung der Halbinsel von Alaska erscheint, auf welcher mehrere z. Th. noch thätige Vulkane gelegen sind. Der Vulkan Wenjaminow, der höchste Berg der Halbinsel, stürzte bei einer Eruption im Jahre 1786 theilweise zusammen. Dieser, oder der ihm nahe gelegene Morschoswky hatte noch im März 1866 eine Eruption.

Auch in dem Cascadengebirge, welches nun nach S. die Küste des nordamerikanischen Festlandes säumt, giebt es zahlreiche grössere und kleinere Vulkane, welche freilich meistens erloschen zu sein scheinen. Jedoch sind einige unzweifelhaft noch thätig. Der nördlichste Vulkan dieser Gebirgskette ist der über 4800 Meter hohe Eliasberg. Weiter südlich liegt der 4200 Meter hohe Mount Fairneather, der vermuthlich vor nicht sehr langer Zeit eine Eruption hatte. Besonders hervorragende Kegel dieser Reihe sind auch noch der Mount Rainier oder Tacoma 4404 Meter am Pugets Sund aufragend, ebenfalls noch thätig, da er im Jahre 1842 noch einen Aschenauswurf gehabt hat. Der Mt. Hood, 2880 Meter, im Oregongebiete der prächtig kegelförmige Mt. Shasta (4403 m) von einer Unzahl kleinerer Krater umgeben, von Schnee und Gletschern bedeckt, eine der grossartigsten Erscheinungen der nordamerikanischen Hochgebirgswelt. Noch 15 geogr. Meilen weiter südlich bildet der Lassen's Peak (3400 m) die Grenzmarke des Cascadengebirges gegen die Sierra Nevada hin. Aber auch in der Sierra Nevada ist die vulkanische Reihe nicht unterbrochen, sondern setzt sich, wenn auch nur in ruhenden Kegeln fort bis in die langgestreckte californische Halbinsel, wo die Vulkangruppe de las tres Virgines noch im Zustande der Thätigkeit sich befindet.

Die weiter im Innern von Nord-Amerika jenseits des grossen Beckens von Utah und Idaho gelegenen Kette der Rocky Mountains weist ebenfalls eine ganze Reihe vulkanischer Kegel auf, die aber ohne Ausnahme erloschen scheinen, wenngleich viele derselben erkennen lassen, dass die Zeit ihrer Thätigkeit keineswegs sehr fern zurückliegt. In der durch Colorado und Neu-Mexico sich hinziehenden Cordillere, welche die Verbindung mit den Gebirgen Mexicos darstellt, fehlen mächtige vulkanische Berge ebenfalls nicht.

Der Umbiegung, welcher der Küstencontur von Nord-Amerika südlich von Cap San Lucas auf der Halbinsel Californien erleidet, folgt auch die Reihe der Vulkane von Mexico, welche eine fast nordwest-südöstliche Anordnung zeigt und so zu der Richtung der Vulkanketten von Central-Amerika den Uebergang bildet.

Die Vulkane von Mexico bilden eine Reihe von ca. 140 geogr. Meilen

Länge, auf welche sich 14 Vulkane vertheilen. Der höchste derselben ist der nicht weit von der Hauptstadt Mexico gelegene Popocatepetl (5390 m) mit prächtiger Kegelgestalt und rauchendem Gipfelkrater. Der kleinere Xorullo entstand 1759 durch eine Eruption und blieb einige Jahrzehnte in Thätigkeit. HUMBOLDT hatte in ihm das Beispiel eines gehobenen Kegels gesehen und daher kam der Vulkan zu einer auf ganz unrichtiger Auffassung seiner Entstehung beruhenden Berühmtheit.

Der Cillaltepetl oder Pic von Orizaba, fast eben so hoch wie der Popocatepetl, besitzt nur Schwefelfumarolen. Dagegen hatten der Colima de fuego, 1818 und 1869, der Ceboruco 1870, der Pochutla im Staate Oajaca nicht fern von der Westküste im Jahre 1870 noch Eruptionen. An die Vulkane von Mexico schliessen sich zunächst die von Guatemala an. Die Zahl derselben ist noch nicht genau bekannt, jedoch sind mehrere unausgesetzt thätig, so der Volcan de Fuego, der Atitlan u. a.

In San Salvador und Honduras liegen die Vulkane ebenfalls dicht beisammen. Isalco, nicht sehr hoch (600 m) entstand erst 1770 und ist seitdem in fast ununterbrochener Thätigkeit, der Conchagua, welcher die Spitze der Bay von Fonseca bildet, galt für erloschen, bis er am 23. Febr. 1868 nach furchtbaren Erdbeben wieder in Thätigkeit kam.

In Nicaragua liegen wenigsten 24 Vulkane, von denen einige sehr thätige. Der Coseguina bildet das vom Conchagua entgegengesetzte Vorgebirge, er hatte in diesem Jahrhundert noch 2 Eruptionen 1805 und 1835. Der Masaya auf dem Isthmus zwischen den Seen von Nicaragua gelegen, ist gegenwärtig in einer Thätigkeit, welche durch die regelmässige Intermittenz der des Stromboli gleicht. Von 1670 bis 1853, blieb er ruhig, seitdem aber ist er wie vor jener Ruheepoche unaufhörlich in Eruption. Die Vulkane von Costarica bilden zwei deutlich geschiedene Gruppen, die erste besteht aus den nahe beieinander gelegenen 4 Vulkanen Orosi, la Vieja, Miravalles und Tenorio und beginnt nahe am Südrande des Nicaragua See's, die andere Gruppe, mehr nach Südosten gelegen, besteht aus dem bis in unsere Zeit wiederholt thätigen Irazu, dem ebenfalls thätigen Turialba und einigen anderen.

Die an der Westküste von Süd-Amerika sich hinziehende Vulkanreihe zeigt zwei grosse Lücken, die eine zwischen Quito und Peru 225 Meilen lang, die andere zwischen Peru und Chile 90 Meilen. Im übrigen folgen sich die Vulkane in ganz ausserordentlicher Häufung.

In Columbia liegen der Paramo de Ruiz und der Tolima als nördlichste Vulkane dieser Kette nahe bei einander, beide noch thätig. Der Tolima — der höchste der nördlichen Vulkane, hatte im Jahre 1595 eine furchtbare Eruption, ruhte hierauf über 2 Jahrhunderte ganz vollständig und hatte erst im Jahre 1826 anscheinend eine Gipfeleruption. Der Vulkan von Pasto ist ebenfalls thätig und trägt einen rauchenden Krater. Mit ihm wurde durch HUMBOLDT das zerstörende Erdbeben von Riobamba im Jahre 1797 in Wechselbeziehung gebracht, was jedoch durchaus zweifelhaft ist. Riobamba, damals die Gegend der grössten Intensität der Erschütterung, liegt 50 geogr. Meilen südlicher, wie der Pasto. Ueberhaupt ist unsere Kenntniss von diesen Vulkanen eine sehr geringe und z. Th. auf ganz unrichtigen Anschauungen beruhend, wie sie vielfach durch HUMBOLDT's Beschreibungen in die Welt gekommen. Ganz besonders gilt dieses für die Angabe, dass viele dieser Vulkane gar keine Lavaströme ergossen haben sollen. Von neueren Forschern sind dieselben dann überall gefunden worden. Auch

die Nachrichten von mächtigen Schlammausbrüchen und von ausgeworfenen Fischen sind darauf zu beschränken, dass bei Eruptionen dieser hohen meist schneebedeckten Gipfel grosse Sehneeschmelzen stattfinden und Ueberschwemmungen in den tieferen Thälern bewirken. Auch die Fische kamen natürlich nicht vom Vulkane her.

Der Pinchincha, eine langgestreckte Gruppe eines z. Th. zersörten und eines noch thätigen Kraters, hat im 16. und 17. Jahrhundert verschiedene Ausbrüche gehabt, eine kleine, letzte Eruption im Jahre 1868.

Der Antisana (5790 Meter) hatte Eruptionen in den Jahren 1590, 1720 und 1801. Der Cotopaxi (5670 Meter) ist einer der thätigsten und schönsten Vulkane der Erde mit ausgezeichneter Kegelgestalt, von der freilich durch die immer noch wieder abgedruckte Abbildung HUMBOLDT's, welche eine steile zuckerhutähnliche Bergform darstellt, ebenfalls ein ganz unrichtiges Bild verbreitet ist. Der Kegel steigt mit flacher Neigung von 20—38° allseitig sehr regelmässig auf. Von ihm sind eine ganze Reihe von Eruptionen bekannt. Im Jahre 1803 schmolz aller Schnee auf seinem Gipfel und gewaltige Wasserfluthen brachen in die Umgebung wieder. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich bei späteren Ausbrüchen; so insbesondere bei jenem von 1877, über welchen wir durch WOLF näher unterrichtet sind. Seit Anfang dieses Jahres rauchte der Berg, am 21. April fand ein starker Aschenregen, auch ein kleiner Lavaerguss statt; schwächere Erscheinungen derselben Art traten in den beiden folgenden Monaten auf und wiederholten sich am 25. Juni in heftiger Weise, Der 26. Juni brach ruhig und heiter an, aber um 7 Uhr Morgens schoss plötzlich eine himmelhohe Pinienwolke aus dem Gipfel hervor und verbreitete im weitem Umkreise Finsterniss. Um 9 Uhr begannen heftige Detonationen, die man im fernen Guayaquil und anderen entlegenen Orten vernahm, während sie in der Nähe des Vulkanes nicht gehört wurden. Um 10 Uhr Vormittags sprudelte der Krater des Cotopaxi von gluthflüssiger Lava über; zufällig war gerade um diese Zeit der Gipfel des Berges gegen Südwesten frei, so dass in Mulalo und Cusiguango viele Personen Augenzeugen der Lavaeruption waren. Lebhaft schildern sie den furchtbaren Ausbruch des Berges, als er plötzlich in Aufwallung gerieth und sich eine schwarze Masse rauchend und dampfend über alle Theile des Kraterrandes zugleich drängte. Nur wenige Augenblicke konnte der Gipfel so gesehen werden, denn alsbald hüllte er sich in den von der Lava ausgestossenen Dampf. Die glühenden Lavamassen schmolzen einen grossen Theil der mächtigen Schnee- und Eisschichten, welche den oberen Kegel bedeckten.

Das Abschmelzen geschah sehr ungleich, je nach der Quantität der darüber fliessenden Lava und je nachdem diese bei stark geneigtem Terrain rasch darüber hinwegglitt oder bei geringerer Neigung länger darauf verweilte. Die Wassermassen sammelten sich in den grossen an dem Berg hinabziehenden Schluchten, sie führten Fels- und Eisblöcke, frische Lavaklumpen, Bimstein, Sand und Asche mit sich und vermehrten dadurch ihr Volumen und ihre Kraft mindestens um das Doppelte. Die Schlucht von Manzanhuaico hat eine Breite von etwa 100 und eine Tiefe von etwa 60 Meter, doch konnte sie den Schlamm- und Steinstrom nicht fassen, der in mächtigen Massen über ihre Ränder quoll. Manzanhuaico ist aber nur eine von den acht bis neun grossen Schluchten (Quebrada's) welche auf diese Weise zu der grossen Schlammfluth in der Ebene von Lacatunga beitrugen. Von Callo bis Lacatunga bot diese den Anblick eines grossen Schlammsees in wildester Aufregung und die Fluthen drangen vor wie hohe Mauern, die

sich fortwährend nach vorn überschlugen. Sie legten nach dem Eintritte in die Ebene etwa 10 Meter in der Sekunde zurück, in den oberen Regionen war die Geschwindigkeit viel grösser; drei Stunden nach seinem Eintreffen in Mulalo zerstörte der Strom bereits die etwa 110 Kilom. entfernte Brücke über den Rio Pastana am Fusse des Tunguragua. —

Auch der Sangay (5200 Meter), der einzige Vulkan auf dem östlichen Abhange der Cordilleren ist in beständiger Eruption und in Zwischenräumen von 10—15 Minuten erfolgen Schlackenauswürfe.

Mit diesem schliesst die Reihe der Vulkane von Quito (im Ganzen 20, meist thätige) ab.

Die Vulkanreihe von Peru (19 Vulkane wenigstens) beginnt mit dem Chuquibamba, dem nördlichsten. Von diesem zunächst südlich liegt die Gruppe der Vulkane von Arequipa, drei grosse in einer Reihe gelegene Kegel, der Charchani, der Misti und der Pichu-pichu und mehrere kleinere Kegel. Dieselben scheinen erloschen zu sein. Die 3 östlich von der Stadt Arequipa aufsteigenden Kegel, deren mittlerer der Misti, sind drei selbständige Kratere und nicht, wie man früher glaubte ein Centralkegel (Misti) mit beiderseitigen Resten eines riesigen Erhebungskraters (Charchani und Pichu-pichu). Der Misti, der höchste (ca. 6000 Meter) ist mehrfach (3 Mal) bestiegen und die Anwesenheit eines tiefen Kraters mit innerem Eruptionskegel constatirt worden. Er soll im Jahre 1869 eine Ascheneruption gehabt haben, über welche jedoch nichts Sicheres und Näheres feststeht.

Der Uvillas, östlich von jenen, der seit 300 Jahren ebenfalls im Zustande der Ruhe sich befand, hat im Mai 1867 seine Thätigkeit mit einer von Erdbeben begleiteten Ascheneruption wieder begonnen.

Unweit der Küste bei Arica liegt der über 7000 Meter hohe Gualatieri oder Sahama mit bedeutendem Krater, ist aber erloschen. Der südlichste Vulkan dieser Reihe ist der Llullailaco über 6000 Meter hoch, bisweilen thätig, in Bolivien an der Grenze gegen Atacama zu gelegen.

Die Vulkanreihe von Chile ist die bedeutendste in Süd-Amerika, sie zählt über 30 Vulkane, welche in einer Länge von 13° sich hinziehen, genau dem Verlaufe der Küste parallel angeordnet, gewaltige Grenzpfeiler auf der Scheidewand der Cordillere zwischen dem schmalen Chile und dem östlich weit hin sich ausdehnenden Argentinien.

Der höchste unter den Vulkanen dieser Kette ist der nordöstlich von Valparaiso gelegene Aconcagua, über 6800 Meter hoch.

Weiter südlich liegt der Vulkan von Chillan, der im Jahre 1861 eine Eruption hatte und der Auluco, ein grosser Kegel mit seitlichem kleineren Eruptionskegel, der regelmässig intermittirende Aschen- und Schlackenauswürfe hat, im Jahre 1863 auch eine grössere Eruption.

Von den meisten der Vulkane des südlichen Chile ist nicht viel mehr bekannt als der Name und was bekannt ist, ist nicht gerade von besonderer Wichtigkeit.

Die vulkanischen Aeusserungen sind auch an der ganzen Westküste von Patagonien erfolgt, wenngleich dort von einer noch fortbestehenden Thätigkeit nichts bekannt ist.

Oceanische Vulkane.

Von den inmitten der Weltmeere fern von allen Continenten gelegenen Vulkanen sind im Vorhergehenden schon einige genannt und besprochen worden. In enger Beziehung zu dem Continente von Nord- und Süd-Amerika steht die

vulkanische Inselgruppe der kleinen Antillen, welche von der Nordostspitze von Süd-Amerika im Bogen zu den grossen Antillen hinübergreift. In ihnen hat man den östlichen Küstencontur der grösseren alten Continentalmasse zu sehen, welche zwischen den beiden Amerika's bestand, deren westliche Küste von der Vulkanreihe von Central-Amerika besetzt ist. Die kleinen Antillen weisen 10 thätige Vulkane auf, von welchen der Garon auf St. Vincent, der Pelée auf Martinique, die Souffrière auf Guadeloupe, Terrefirme auf Dominique und der Katharinberg auf Grenada Erwähnung verdienen. Zwischen der Thätigkeit dieser Vulkane und dem Erdbeben des Festlandes scheint ein gewisser Zusammenhang zu bestehen: 1812 hörte das Erdbeben zu Caracas sogleich auf, als in St. Vincent der Vulkan losbrach.

Während die Vulkanreihe der kleinen Antillen im innigen Zusammenhange mit dem Festlande Amerika's steht, scheint dies bei den zwischen 0°40′ nördl. Br. und 1°30′ südl. Br. 500 bis 600 Seemeilen westlich von Guyaquil liegenden Galapagos-Inseln nicht der Fall zu sein. Dieser Archipel ist gänzlich vulkanischen Ursprungs, er besteht aus fünf grösseren und sechs kleineren Inseln und vielen noch kleineren. Darwin, welcher 1835 die Galapagos-Inseln besuchte, glaubt, dass es auf dem ganzen Archipel mindestens zweitausend Krater gäbe; die meisten derselben sind erloschen, doch zeigen einige noch Spuren der Thätigkeit. Alle sind an der Südseite niedriger oder selbst ganz niedergebrochen, wahrscheinlich in Folge der constanten Wirkung der Passatwinde und des Wellenschlages.

Ebenso wie die Galapagos-Inseln verdankt der Archipel der Sandwich-Inseln, welcher mitten im stillen Ocean, zwischen 18°40′ und 22°15′ nördl. Br. und zwischen 154°30′ und 160°30′ westl. L. v. Gr. liegt, vulkanischer Thätigkeit seine Entstehung. Die Hauptinsel, Hawaii, trägt drei ungeheure Vulkane, Manna Kea, 4254 Meter hoch (erloschen), Manna Loa 4194 Meter, gleich dem 3100 Meter hohen Hua lalai noch thätig. Diese Vulkane erheben sich mit breiter Basis und ungemein flacher Böschung aus dem Meere, welches den Tiefseeforschungen zu Folge in der Umgebung des Archipels eine ziemlich gleichmässige Tiefe von 2400 bis 3100 Faden aufweist. Die riesigen Berge Hawaii's, sowie die wenig geringeren Erhebungen einiger kleineren Inseln, unter welchen insbesondere Mani mit dem Haleakala, dessen Thätigkeit erst vor Kurzem aufgehört haben dürfte, Erwähnung verdient, sind demnach nur als Gipfel der grössten Vulkane der Erde zu betrachten, welche vom Meeresgrunde sich nahezu 10000 Meter erheben.

Die bekannten Eruptionen der Feuerberge Hawaii's unterscheiden sich wesentlich von jenen der meisten indischen Vulkane. Sie erfolgen nicht mit jenen gewaltsamen Aeusserungen der unterirdischen Spannkraft, welche sonst in Explosionen und dem Ausschleudern fragmentären Gesteins, in dem Auswurf von Schlacken und Aschen stattfinden, sondern in verhältnissmässiger Ruhe. Lavaströme von ungeheuren Dimensionen brechen mit der Ruhe eines Springquelles hervor. Wie es scheint, hängt diese Eigenthümlichkeit der Ausbrüche mit der geringen Durchtränkung des geförderten Magma zusammen, welche sich auch in dem glasigen Erstarren desselben äussert. Die Laven Hawaii's sind basisch und eisenreich, derartiges Magma erstarrt sonst sehr selten glasig, während bei sauren Laven die glasige Ausbildung sehr häufig eintritt. Der Schmelzfluss der Hawaii'schen Laven ist mehr der Hitze als dem durchtränkenden Wasser zuzuschreiben, damit hängt auch die ungewöhnliche Dünnflüssigkeit zusammen, der zu Folge die Ströme sich über ungewöhnlich grosse Flächenräume ausdehnen. Die mit flacher Böschung ansteigenden, flachen Haufen gleichenden riesigen Erhebungen Hawaii's bestehen

nicht, wie die auf der Erde sonst auftretenden Stratovulkane, aus Schichten von Auswürflingen, sondern aus zahlreichen, übereinander geflossenen flach ausgebreiteten Lavaströmen. Die Laven des Mauna Loa und des an seiner Flanke auf einer sehr flachen domförmigen Anschwellung gelegenen Kraters Kilauea sind sehr dünnflüssig, geschmolzenem Glase ähnlich und die hervorbrechenden Dampfstrahlen ziehen sie häufig in dünne Fäden aus (Pèlé's Haar der Eingeborenen), der Schlackenwolle der Hochöfen vergleichbar. Die gewaltige Eruption des Mauna-Loa vom August 1855 begann mit einem glänzenden Strahl feuriger Tropfen aus dem Gipfelkrater des Vulkanes, unmittelbar darauf folgte der Erguss eines ungeheuren Lavastromes aus einer etwa 2000 Fuss tiefer, in 11,500 Fuss (engl.) Höhe über dem Meere gelegenen Oeffnung an der Nordseite, der nicht von einem entsprechenden Auswurf von Schlacken und anderen Bruchstücken begleitet war, wie es wohl bei einem anderen Feuerberge eingetreten wäre. Die Lava floss mit grosser Schnelligkeit in das Thal hinab, welches den Mauna-Loa vom Mauna Kea trennt und dessen Hauptzweig drei engl. Meilen breit ist. Als sie ebeneres Land erreichte, breitete sie sich über einen doppelt so breiten Raum aus, sie fuhr zehn Monate zu fliessen fort; ehe sie aufhörte, hatte sie die Entfernung von 70 engl. Meilen von ihrer Quelle erreicht. Während dieser Lavastrom im Flusse war, bestieg Coan den Berg, folgte dem Strom und kreuzte hie und da seine erhärtete Oberfläche, während unterhalb die Lava noch »wie Wasser unter dem Eise eines Flusses« floss. »Die obere Rinde krachte und stiess an zahllosen Punkten mineralische Dämpfe aus. Längs des Randes lagen unzählige Bäume umgestürzt, halb verkohlt und auf der erhärteten Lava dampfend. Wir besuchten eine Oeffnung nach der anderen, durch welche wir hinabsahen auf den Feuerstrom, wie er durch seine verglaste Röhre mit der Geschwindigkeit von mehreren engl. Meilen in der Stunde dahinschoss.«

Eine sehr bedeutende Eruption des Mauna Loa fand 1866 statt, bei welcher zuerst in bedeutender Höhe ein gegen Nordwest strömender Lavastrom geliefert wurde, worauf ein zweiter etwa in halber Höhe des Berges an der Ostseite hervorbrach. Die Ströme flossen 35 engl. Meilen weit. Noch grösser war der Ausbruch 1880—81, bei welchem aus drei, nördlich und östlich vom Gipfelkrater gelegenen Schlünden Lavaströme hervorbrachen, einer derselben floss durch neun Monate und legte bis fast zur Küste 96 Kilom. zurück.

An dem Abhange des Mauna Loa, in einer Seehöhe von 4000 Fuss engl. enthält eine flache, domförmige Anschwellung den wunderbaren Krater Kilauea, eine etwa 15000 Fuss lange, 7000 Fuss breite ungeheuere elliptische Oeffnung, in welcher ein grosser, veränderlicher Lavasee liegt, der häufig in seinem Niveau wechselt, mehr oder minder von einer erstarrten Rinde bedeckt ist, jedoch stets an verschiedenen Stellen aufkocht. Zuweilen sinkt das Niveau der Lava, dann hinterlässt die Lavarinde eine Stufe festen Gesteins um die zu Stande gekommene Senkung. Dies erfolgt, wenn die Lava durch einen Seiten-Ausbruch an einer tieferen Stelle entleert wurde. Im Jahre 1823 erniedrigte nach Ellis eine solche Abzapfung das Niveau der Lava im Kilauea um 400 Fuss. Im Jahre 1834 beschreibt Douglas sie mehr als 1000 Fuss unterhalb des »schwarzen Randes«. 1838 hatte sich nach Chase und Parker die Lava wieder bis zum Rande erhoben, so dass sie die untere Höhlung verdeckte. 1839 war der ganze Krater mit siedender Lava erfüllt, die mehr oder minder mit Rinde überzogen war. Plötzlich öffnete sich ein Schlund, sechs englische Meilen vom Kilauea entfernt, auf dem unteren Abhange, am nächsten Tage ein anderer noch tiefer abwärts,

und darnach mehrere, einer unter dem anderen, auf ein und derselben Spaltenlinie. Aus allen flossen Lavaströme mit grosser Geschwindigkeit, etwa 30 engl. Meilen weit bis zum Meere, wo sie einige Inseln bildeten und eine Unzahl von Fischen tödteten. Durch diesen Abzapfungsprocess wurde die ursprüngliche Kraterhöhlung wieder gebildet, indem die Oberfläche der Lava um 1500 Fuss sank, aber während des Jahres 1844 war der weite Schlund wieder bis zum Rande gefüllt. Bei DANA's Besuche 1849 war die Oberfläche der Lava wieder um 350 Fuss unter dem »schwarzen Rand« gesunken, der selbst 650 Fuss tiefer lag als der obere Rand der Kraterwandung. Eine ausgezeichnete Schilderung des gegenwärtigen Zustandes des Kraters Kilauea (wie auch der übrigen Vulkane Hawaii's) hat C. E. DUTTON im Fourth annual report der U. S. Geological Survey 1883 geliefert, welche durch zahlreiche Karten und Ansichten illustrirt ist. Es erhellt aus dieser Schilderung, dass der gegenwärtige Stand der Lava im Kilauea höher ist als früher, der historische »schwarze Rand« ist weit überdeckt, doch sind nur kleine Theile der Kraterfläche offen: der »neue See«, 480' lang und etwas über 300' breit, mit dunkler Kruste bedeckt, welche zeitweilig bricht und untersinkt, und Halemaumau, etwa 1000' lang und 600' breit, der Rest des von ELLIS 1825 zuerst gesehenen grossen Lavasee's, nur auf dem grösseren Theile seiner Fläche von Schollen einer dünnen schwarzen Rinde bedeckt, welche von Zeit zu Zeit untersinken. Die Dampf- und Gas-Ausströmungen sind hier bedeutend stärker als am »neuen See« und Fontainen flüssiger Lava springen 5 bis 10 Fuss hoch. Nach DUTTON's Untersuchungen umgeben peripherische Brüche den Krater Kilauea, auf welchen Brüchen die inneren Zonen abgesunken sind, und es unterliegt keinem Zweifel, dass durch dieses Nachbrechen der Ränder der riesige, in festes Lava-Gestein, nicht in lose Aufschüttungs-Massen eingesenkte Krater sich allmählich bis zu seinem gegenwärtigen Umfange erweiterte, also eine ganz andere Bildungsgeschichte besitzt als die gewöhnlichen, durch Paroxysmus-Eruptionen ausgeblasenen Krater.

Zahlreiche Vulkane finden sich auf einigen Inselgruppen Polynesien's: Hiwahoa auf den Markesas, Tahiti und Bola-Bola unter den Gesellschaftsinseln, mehrere unter den Samoa, Fidschi- und Freundschaftsinseln, den neuen Hebriden, den Salomonsinseln und Neubritannien tragen Vulkane. — Neuseeland weist zahlreich erloschene Vulkane, aber auch einige noch thätige auf, von welchen die (auf der Nordinsel gelegenen) Feuerberge Ruapahn (9195 Par. Fuss) und Tongariro (6500'), sowie der in der Mitte der Plenty-Bai gelegene Whakari (863 Par. Fuss) Erwähnung verdienen. Im südlichen Eismeer liegen mehrere kleine Inselgruppen vulkanischer Natur: Die Balleny-Inseln 163° 11' ö. L. und 6° 44' n. Br., die Alexander-Insel unter 60° s. Br., endlich hat Ross auf Victorialand unter 76° s. Br. und 168° 12' ö. L. zwei grosse Vulkankegel beobachtet, den Erebus (3570 m) und Terror (3110 m), von denen der erstere zur Zeit der Entdeckung (1841) eben im Ausbruche stand.

II. Erloschene Vulkan-Gebiete.

Eine Aufzählung aller Gebiete der Erde, in welchen in früheren geologischen Zeiträumen Bethätigungen der vulkanischen Kraft stattfanden, würde den Rahmen dieses Werkes weit überschreiten, überdies für die Kenntniss der vulkanischen Erscheinungen nicht viel mehr Nutzen haben, als die Schilderung einiger Beispiele, auf welche wir uns deshalb beschränken wollen. Die Betrachtung derselben soll uns über mehrere Verhältnisse Aufschluss geben, welche nicht sowohl

an thätigen Feuerbergen als an Vulkanruinen ersichtlich sind. Hat in einer Region die vulkanische Thätigkeit seit längerer Zeit aufgehört, so werden die durch sie entstandenen Bildungen durch die zerstörenden Wirkungen der Atmosphärilien, durch die Erosion des fliessenden Wasses, eventuell auch durch die von den Meereswogen bewirkte Abrasion mehr oder minder abgetragen worden sein. Es ist selbstverständlich, dass die so verschiedenartigen vulkanischen Bildungen dieser Zerstörung sehr verschiedenartigen Widerstand leisten. Vulkanische Berge werden um so schwieriger der Zerstörung anheimfallen, je mehr compakte Massen an ihrem Aufbau theilnehmen. Die vorwiegend aus übereinander geflossenen Lavaströmen aufgebauten Berge werden ungleich schwieriger zerstört werden als die aus lockeren Auswürflingen aufgebauten Anschüttungskegel. Am meisten Widerstand werden natürlich die Quellkuppen leisten, bei welchen neben dem ausschliesslichen Bestande aus festem Gestein auch der den Quellkuppen eigenthümliche schalige Bau dazu beitragen wird, dass sie lange als glockenförmige Dome über die Umgebung hervorragen werden. Lose Anschüttungskegel werden am leichtesten zerstört und wir finden daher nur in relativ jungen vulkanischen Gebieten auch diese mehr oder minder erhalten; ältere Strato-Vulkane dagegen sind stets mehr oder minder zerstört, ihre Tuffkegel sind erniedrigt und die, aus festem Gestein bestehenden, der Zerstörung besseren Widerstand leistenden Radialgänge ragen wie Mauern über die tiefen abgetragenen Schuttmassen hervor. Geht die Abtragung noch weiter, so finden wir die Tiefgänge aufgeschlossen; die mit mehr oder minder voll krystallischem Gestein erfüllten Centralschlote, aus welchen das Magma emporgequollen ist, um an der Oberfläche zu zerstäuben, Aschen und Schlackenkegel zu bilden und als Lava auszufliessen, kurz jene oberflächlichen Ablagerungen zu liefern, welche längst der Zerstörung anheimgefallen sind. Es kann demnach, wie E. Suess hervorgehoben hat,[1]) nur die Betrachtung einer »Denudationsreihe«, welche von den thätigen Vulkanen ausgeht, um schliesslich bei den älteren, bis auf die vollkrystallinischen Centralmassen denudirten vulkanischen Bildungen anzulangen, zum Verständniss der letzteren führen.

Wir wenden uns zunächst zur Betrachtung der erloschenen Vulkane Italiens. Alle, welche in jüngerer Zeit (seit dem Ende der Tertiärformation) Ausbrüche gehabt haben, liegen (mit einer einzigen Ausnahme, welche vom Monte Vultur gebildet wird) auf der Südwesteite der Appenninen, in einer Zone, welche ungefähr von Nordwest nach Südost, parallel dem Gebirge und der Küstenlinie des Tyrrhener Meeres sich erstreckt. In dieser Anordnung erblicken wir die Abhängigkeit der Bethätigung des Vulkanismus von der Gebirgszone. Die lange Linie grösstentheils erloschener Vulkane, welche auf dieser Zone auftritt, beginnt nördlich mit dem Monte Amiata bei Radicofani, es sind jedoch noch weiter nordwestlich Spuren vulkanischer Thätigkeit in Toscana vorhanden: die heissen Quellen und Solfataren, welche zumal durch das Auftreten der Borsäure bemerkenswerth sind. Auf dem Monte Amiata, einem bedeutenden Berge, der grosse trachytische Lavaströme entsendet hat, folgt südöstlich ein gewaltiger alter Krater, der den Balsener-See einschliesst und auf dessen Umwallung Montefiascone liegt, ferner die Ciminischen Berge, welche deutliche Krater aufweisen, das ungeheure Kraterbecken des See's von Bracciano und einige kleinere ähnliche Krater, nördlich von Rom, während südöstlich von dieser Stadt das grosse doppelte Ringgebirge

[1]) Vergleiche: Das Antlitz der Erde, I. pag. 190.

der Albaner Berge liegt, in welchem wahrscheinlich noch zur Zeit der römischen Könige Eruptionen stattfanden. Ein etwa 18 Kilom. weiter, nach Westen offener Ringwall umgiebt den grossen, äusseren Krater: Val Molara, dem Atrio del cavallo am Vesuv zu vergleichen, im Innern desselben erhebt sich ein zweiter, im Monte Cavo 954 Meter Höhe erreichender, gleichfalls nach Westen offener Ringwall, der eine Ebene einschliesst, das Campo d'Annibale, in welchem HANNIBAL auf seinem Zuge gegen Rom gelagert sein soll. Aus der nach Westen liegenden Bresche des inneren Kraterwalles dürfte der grosse doppelte Lavastrom hervorgebrochen sein, der durch seinen Leucitgehalt sich auszeichnet und dessen Ende man eine halbe Stunde vor den Thoren Roms auf der Appischen Strasse erreicht. Der Zusammenhang dieser Ströme mit der bei Rocca di Papa an der Bresche des inneren Kraterwalles entstehenden Leucitlava ist jedoch durch eine jüngere Decke von Peperin-Tuff verhüllt, in welche drei Kraterbecken eingesenkt sind, von welchen zwei mit Wasser gefüllt sind: Lago di Albano und Lago di Nemi (Lacus Albanus und L. Nemorensis), während das dritte Becken, die Valle Aricia trocken liegt. Nach PONZI lassen sich vier verschiedene Epochen der vulkanischen Thätigkeit des Albanergebirges unterscheiden, und zwar drei vorhistorische, gekennzeichnet durch die petrographische Beschaffenheit der Tuffe und Laven, welche ihnen angehören, nämlich erstens die Pyroxenlaven und Tuffe des äusseren Kraterwalles, zweitens die Leucitlaven und Tuffe des inneren Kraters, drittens die Bildung des Peperin und der in demselben eingesenkten Kraterbecken von Albano, Nemi und Aricia; — während die vierte Epoche die letzten Spuren der vulkanischen Thätigkeit in historischer Zeit umfasst. Weiter findet die vulkanische Zone ihre Fortsetzung in den alten Vulkanen des Iberniker-Gebirges, welche acht verschiedene Ausbruchspunkte aufweisen, dann in der Rocca Monfina, in den phlegräischen Feldern und endlich im Vesuv, welcher allein von allen genannten Vulkanen noch heute andauernde Thätigkeit entfaltet. Mit dem Vesuv schliesst die grosse Zone von Vulkanen, welche den Südwestabfall des Appennin begleitet, und zahlreiche deutliche Krater aufweist. Die vulkanische Gruppe der Ponza-Inseln, welcher bereits oben gedacht wurde (vergl. pag. 542) enthält sehr alte, bis zu ihren Grundfesten zerstörte Feuerberge, deren Kratere nicht mehr so leicht kenntlich sind und in ihrer Lage hauptsächlich durch die radiale Stellung der entblössten Gänge sich verrathen. Hingegen liegt auf der Ostseite des Appennin ein gewaltiger, erloschener Vulkan, der Vultur bei Melfi (1329 Meter), in dessen grossem, kreisrundem Krater zwei kleine Seen liegen —

Zahlreiche, zum Theil sehr wohl erhaltene, erloschene Vulkane, deren Thätigkeit vor nicht sehr langer Zeit aufgehört haben dürfte, enthält die Insel Sardinien.

Aeltere, und desshalb stärker zerstörte vulkanische Bildungen finden sich in Ober-Italien. Sie gehören der älteren Tertiärperiode an. Die Basaltvorkommnisse der Umgebung von Verona und Vicenza dehnen sich auf einem ziemlich grossen Gebiete aus und reichen in einzelnen Ausläufern ziemlich weit in die Südalpen, zumal im Bereich des Etschthales hinauf. Diese eruptiven Bildungen gewinnen besonderes Interesse durch das Vorkommen von versteinerungsreichen Schichten zwischen ihnen, mit deren Petrefakten sich seit BRONGNIART zahlreiche Palaeontologen beschäftigten. Für das Studium der vulkanischen Phänomene noch insbesondere ist das inselartig aus der Po-Ebene bei Padua aufragende Gebirge der Euganeen. Die Euganeen bestehen, abgesehen von den vulkanischen Bildungen, Trachyten, Basalten und oberen Tuffen auch aus rudimentären Ablagerungen der Jura-, Kreide- und der älteren Tertiärformation. Die vorge-

schobene, östliche Gruppe des Monte Sieve bildet wahrscheinlich ein selbständiges Eruptionscentrum, von den eigentlichen Euganeen werden der nördliche und südliche Theil vorwaltend von Sedimentärgebilden zusammengesetzt, welche stellenweise aufgesetzte Trachytkuppen tragen. Die Mitte des Gebirges wird von Trachyttuffen gebildet, die von zahlreichen Trachytgängen durchsetzt werden, welche theilweise auch in die randlichen Sedimentärbildungen ausstrahlen. Die meisten Gänge sind in der Weise angeordnet, dass sie durch radiale Stellung auf ein am östlichen Ende des Monte Venda gelegenes Eruptionscentrum hinweisen. Die grösseren und mächtigeren Gänge ragen in Folge des grösseren Widerstandes, welchen sie der Erosion entgegenstellten, als steile Kämme über die Tuffe des Monte Venda hervor. So insbesondere der Monte Pendice, ein schroffer Felsrücken, der die Engelsburg trägt, sowie ein anderer, auf welchem das Kloster Rua liegt. Dieser heutige Zustand ist der starken Wirkung der Erosion zuzuschreiben, welche ungefähr seit der Miocän-Periode beschäftigt ist, einen Vulkan abzutragen, der einst einen Aufschüttungskegel besass, der dem heutigen des Aetna ähnlich sein mochte. Die mauerartig aufragenden Gänge, welche heute vom Monte Venda ausstrahlen, sind die mit erstarrtem Magma erfüllten Spalten, welche zur älteren Tertiärzeit den Seiteneruptionen Material lieferten, während die Trachytkuppen, welche in den peripherischen Theilen des Sedimentärgesteines aufgelagert sind, Reste der Lavaströme darstellen.

Besonders interessante geologische Verhältnisse sind bei Fontana fredda zu beobachten, wo die Erosion so tief eingeschnitten hat, dass sie unter Schichten des oberen Jura und der unteren Kreide eine mächtige Trachyt-Masse entblösste, welche jünger ist als die ihr auflagernden Schichten, da der Jura-Kalk dort, wo er den Trachyt berührt, stark verändert erscheint, und krystallinische Struktur aufweist. Man hat es demnach hier mit einer intrusiven Masse zu thun, welche den unten zu erörternden Lakkolithen Nord-Amerika's verglichen werden darf.

Sowie die Appenninen-Halbinsel weisen auch die Balkan- und Pyrenäen-Halbinsel sehr zahlreiche erloschene Vulkane auf. Der Vulkanismus der ersteren ist jedoch (abgesehen von den jüngeren vulkanischen Bildungen des südlichen Theiles des ägäischen Meeres, von welchem bereits oben gesprochen wurde — vergl. pag. 552) seit langer Zeit zur Ruhe gelangt, nachdem er während der Tertiärperiode eine ungeheure Entwicklung erreicht hatte. Die Umgebung des Bosporus zeigt tertiäre Trachyte in grosser Ausdehnung — es erstrecken sich dieselben zu beiden Seiten des Marmara-Meeres und der Dardanellen, nehmen grosse Flächenräume an der Seite des ägäischen Meeres ein und finden in den ausgedehnten Vulkanen in den Distrikten Klein-Asiens ihre Fortsetzung. Auch die nördlichen Inseln des ägäischen Meeres: Tenedos, Lemnos, Samothrake, Imbros tragen die Spuren der einstigen vulkanischen Thätigkeit. Lemnos, im Alterthume dem HEPHAISTOS heilig, war vielleicht noch zur Zeit der menschlichen Ansiedlung thätig, heute erinnern, abgesehen von der Bodenbeschaffenheit, nur heisse Quellen an den erloschenen Vulkanismus.

Spanien besitzt mehrere Gegenden, die nach der guten Erhaltung der vulkanischen Kegel und Krater zu urtheilen, vor nicht zu langer Zeit Schauplatz eruptiver Ereignisse waren. So liegen in Katalonien 14 erloschene Feuerberge in der Umgebung der Stadt Olot; im südöstlichen Spanien liegen mehrere Kegel mit wohlerhaltenen Kratern an der Küste zwischen dem Kap San Martin bei Cartagena bis Cabo de Gata bei Almeria, auch die Columbrete-Inseln bei Valencia weisen erloschene Krater auf.

Frankreich enthält zahlreiche erloschene Vulkane im Süden und auf dem Central-Plateau. Von den ersteren verdient eine an der Küste des Mittelmeeres gelegene Eruptionsstelle bei Agde, ferner die alten Vulkane von Montpellier Erwähnung, viel wichtiger jedoch sind die vulkanischen Bildungen auf dem aus altkrystallinischen Gesteinen (vorwaltend Granit) bestehenden, bis zu 1000 Meter Meereshöhe erreichenden Centralplateaus. Auf diesem liegen vulkanische Bildungen verschiedener Art: sehr ausgedehnte und mächtige, aber ihres höheren Alters wegen auch stark veränderte tertiäre, und kleinere, jüngere, überaus zahlreiche und wohlerhaltene Kegel, die theilweise noch ebenso gut erhaltene Krater aufweisen wie die phlegräischen Felder, während die grösseren älteren Vulkane, welche förmliche, dem altkrystallinischen Plateau aufgesetzte kleine Gebirge bilden, durch Erosion ihre Krater und die charakteristische Gestaltung eingebüsst haben. Im Vivarais dauerten die Ausbrüche noch während der Zeit der ältesten menschlichen Ansiedlungen, denn am Monte Denise bei le Puy en Velay fanden sich in vulkanischen Bildungen Reste vom Menschen, zusammen mit solchen von Elephanten, Rhinocerossen und Hyänen (Fauna der Quartärzeit). — Fraglich ist es, ob Ausbrüche in Central-Frankreich noch zur historischen Zeit sich ereigneten, denn der Bericht, nach welchem sich im Mittelalter eine Eruption in der Gegend von Vienne ereignet hätte, ist sehr zweifelhaft.

In der Auvergne liegen drei grosse Ruinen tertiärer Vulkane, welche je für sich ein Gebirge bilden, das nördlichste derselben, jenes des Mont Dore erreicht die grösste Höhe (1890 Meter), südlich davon liegt der Cantal, welcher etwas an Höhe zurückbleibt (1861 Meter), aber bedeutend grösseren Umfang aufweist, und noch weiter südlich die kleinste Masse, der Canton d'Aubrac. Ausserdem finden sich sehr zahlreiche, jüngere und besser erhaltene Kegel, welche theilweise ihre Krater sehr deutlich zeigen. Manche sind aufgebrochen und haben Lavaströme aus ihren Breschen entsendet, andere bilden Kuppen ohne Krater (— z. B. der Puy de Dôme), sie dürften ihre Entstehung Masseneruptionen zähflüssiger trachytischer Lava danken, welche ohne zu zerstäuben und Aufhäufungen fragmentärer Auswürflinge zu bilden, Quellkuppen erzeugten. Die Vulkane der Auvergne lieferten theils basaltische, theils trachytische Produkte. Unter den Aufschüttungskegeln mit deutlichen Kratern mögen folgende hervorgehoben werden. Der Puy de Parion in der Gegend von Clermont, er besitzt die Gestalt eines regelmässigen abgestumpften Kegels mit einem Krater von nahe 1000 Meter Umfang und gegen 70 Meter Tiefe, seine Gehänge sind mit zahlreichen Schlacken, schwammigen Auswürflingen von hochrother Farbe, welche nicht selten Trümmer einschliessen, bedeckt. Einen gleichfalls wohlerhaltenen Krater hat der Puy de Chalar aufzuweisen, der einen mächtigen Lavastrom entsendet hat. Ein typischer Aufschüttungskegel ist auch der Gour de Tazena, dessen Gehänge mit zahllosen Lava- und Schlackenbrocken bedeckt ist, sowie mit Granittrümmern, welche mit einer dünnen Lavarinde überzogen sind. Manche Krater sind durch die Lava-Ausbrüche theilweise zerstört, so z. B. der Puy de la vache. »Hier ist — sagt C. v. Leonhard — alles entblösst, die Schlacken sind so frisch, so auffallend durch ihre Farbe, dass man glauben möchte, der Ausbruch habe vor nicht langen Jahren stattgefunden. Im Innern des über 460 Fuss Tiefe messenden Kraters ist das Pflanzenwachsthum höchst ärmlich, denn Schlacken und Lapilli sind für dessen Gedeihen besonders ungünstig. Eine Haidedecke bekleidet die Weitung wie das Berggehänge; nur sparsam ragt hin und wieder ein verkümmertes Bäumchen hervor. Deutlich ist wahrzunehmen, wie die aufgestiegene, feurig-

flüssige Masse einen Theil des Randes, jenen, der am wenigsten Widerstand zu leisten vermochte, durchbrach, um sich zu ergiessen. — Die Lavaströme in der Auvergne stehen jenen in der Umgebung thätiger Vulkanen nicht nach, häufig zeigen die basaltischen Laven ausgezeichnete säulenförmige Absonderung.

Südöstlich von den Vulkanen der Auvergne liegt die Ruine eines grossen tertiären Vulkanes, des Mezenc (1754 Meter), sowie die jungen Kegel und Krater des Velay und Vivarais. Auch im Gebiete des Mezenc treten Phonolith-Kuppen in grosser Zahl und Ausdehnung auf, von welchen SCROPE wohl mit Recht annimmt, dass sie durch Eruption eines zähflüssigen, teigigen Magma's gebildet wurden, welche nicht von reichlichen Gasexplosionen oder dem Auswurfe einer grossen Menge von Schlacken begleitet wurde. Die Schlacken von Laven von der petrographischen Beschaffenheit der Mezenc-Klingsteine müssten bimsteinartig sein, Bimstein wird jedoch, wie SCROPE hervorhebt, in dem ganzen Gebiete selten gefunden.

Die jüngeren Vulkane der Landschaften Velay und Vivarais haben über 100 Auswurfsöffnungen aufzuweisen, von denen viele noch ihre charakteristische Gestalt zeigen. Von besonderem Interesse sind auch die Ströme basaltischer Lava, welche in die Thäler des Vivarais geflossen sind, dieselben erfüllt haben und später wieder grossentheils durch das fliessende Wasser hinweggeräumt wurden, das sich neuerdings sein Bett schuf. Es entstanden auf diese Weise meilenlange Durchschnitte dieser Ströme, welche sich in ihrem unteren Theile sehr regelmässig und schön säulenförmig abgesondert zeigen, während der obere Theil durch Fugen in Gruppen von Prismen verschiedener Grösse zertheilt ist, die verschiedenen Richtungen folgen, meist jedoch auf gewissen Haupt- oder Primär-Fugen senkrecht stehen. Trotzdem die Trennungsebene zwischen beiden Theilen oft sehr deutlich ist, hat man es doch, wie SCROPE gezeigt hat, nur mit einem einzigen Lavastrom zu thun, dessen untere Parthie langsamer abkühlte und regelmässiger erstarrte.

Auch in Deutschland treten tertiäre Eruptivgesteine weitverbreitet auf, und in den rheinischen Vulkangegenden scheinen die Eruptionen selbst bis nach der Diluvialperiode gedauert zu haben. Von besonderem Interesse sind die Vulkane der Eifel. Ihre Thätigkeit begann zur Miocänzeit, die grössere Zahl der Feuerschlünde war jedoch später thätig, und manche vulkanischen Bildungen ruhen auf diluvialem Löss, ja auf noch jüngerem Schotter. Zahlreiche Vulkankegel weisen wohlerhaltene Krater, manche auch grössere und kleinere Lavaströme auf, z. B. der Roderberg bei Rolandseck, der Herchenberg, Bellerberg, der Vulkan von Gerolstein, der Firmerich bei Daun, der Mosenberg bei Brettenfeld. Zu den charakteristischen Erscheinungen in der Eifel gehören die unter dem Namen Maare bekannten, häufig mit Wasser erfüllten kesselartigen Vertiefungen in Sedimentschichten (meist Thonschiefern der Devonformation). Die Wände dieser Kessel bestehen der Hauptsache nach aus diesen älteren Gesteinen, manche haben noch einen Kranz von Schlacken oder von zertrümmerten Fragmenten des Grundgebirges um die Oeffnung, andere entbehren einer solchen Umwallung. Die Maare sind bald völlig geschlossen, wie das Pulvermaar bei Gillenfeld, das Torfmaar bei Nedelec, das Gemünder Maar, das Weinfelder Maar bei Daun u. a., bald ist ihre Umwallung durch ein Abflussthal unterbrochen, wie bei dem Immerräther Maar, den Maaren von Ober- und Niederwinkel, von Schalkenmehren u. s. w., während bei noch anderen ein Ein- und Abflussthal vorhanden ist, wie am Meerfelder Maar und am Dreisser Weiher. Das grösste Maar ist der

Laacher See, er erreicht einen Flächenraum von $\frac{1}{8}$ □Meile, ist in Devonbildungen und darauf lagernden Braunkohlenbildungen eingesenkt, theilweise aber auch von Schlacken und Tuffschichten umgeben, welche dem Löss auflagern. Andere Maare haben geringere Dimensionen, manche selbst nur wenige Meter im Durchmesser. Die Maare sind wohl als Explosionskrater aufzufassen. G. HARTUNG vergleicht sie mit den Caldera's der Azoren: »Im Allgemeinen machen diese denselben Eindruck wie die Maare der Eifel, welche Höhlungen darstellen, die aus dem älteren Gebirge ausgeblasen wurden, während um dieselben sich ein Wall anhäufte, in welchem die Bruchstücke der durchbrochenen und fortgesprengten Felsarten mit vulkanischen Massen vermischt dastehen. Die Mannigfaltigkeit der einzelnen übereinander liegenden Schichten, bald aus kleineren Schlackenstücken, sogen. Lapilli bestehend, bald aus staubartigen Theilen, deutet darauf hin, dass die Tuffmassen nicht mit einem einzigen, sondern mit verschiedenen, einander bald folgenden Stössen ausgeworfen wurden.« — Eine andere Erklärung, welche indess kaum zutreffend erscheint, hat VOGELSANG versucht. Er betrachtet die Maare als Einsenkungen, veranlasst durch voraus gebildete, unterirdische Hohlräume.

Die Kesselthäler ohne alle Eruptionsprodukte sollten nur durch Einsenkung entstanden sein, sobald aber ein eigentlicher Eruptionswall das Maar umgiebt, wäre es nach VOGELSANG's Meinung schwer zu entscheiden, ob der innere Trichter mehr der Eruption oder einem Zurücksinken der Massen zuzuschreiben sei. H. v. DECHEN, welchem wir die genauesten Schilderungen der Eifler Vulkane und insbesondere des Laacher See's und seiner Umgebung verdanken, stimmt in der Erklärung der Kesselkrater keineswegs mit VOGELSANG überein: »Es scheint kein Grund vorhanden, dem Laacher See eine andere Bildungsweise zuzuschreiben, als den Maaren der Eifel, er kann daher als eine Höhlung betrachtet werden, welche von den älteren Gebilden ausgeblasen wurde.« —

Von besonderem Interesse sind die Tuffe der Laacher Gegend (vergleiche hierüber das Kapitel Gesteine, II, pag. 60). — In den Tuffschichten kommen am Laacher See jene Auswürflinge vor, die unter dem Namen »Lesesteine« bekannt, dem Laacher See bei den Mineralogen Berühmtheit verliehen haben. Nur die Somma kann mit dem Laacher See hinsichtlich der Mannigfaltigkeit der Auswürflinge wetteifern. Ueberaus häufig sind in der Insel Mofetten — kohlensäurehaltige Quellen von mitunter sehr beträchtlicher Entwicklung. Eine solche Gasquelle bei Burgbrohl liefert nach den Messungen von G. BISCHOFF zwischen 1·546505 und 1·062250 Cubikfuss (53·088 bis 70·793 Cubikmeter) oder zwischen 196·370 und 261·705 Pfund Kohlensäure im Jahre.

Oestlich vom Rhein treten jüngere Eruptivgesteine in einer breiten Zone auf, welche über das Siebengebirge und den Westerwald, das Vogelsgebirge und die Rhön nach Thüringen bis gegen Coburg sich erstreckt. In der Fortsetzung dieser Zone liegen die jung-vulkanischen Gebilde Böhmens südlich vom Erzgebirge und Riesengebirge, welche sich bis nach Schlesien verfolgen lassen. Der Raum gestattet uns nicht, bei den zahlreichen geologischen Verhältnissen, welche diese Zone darbietet, eingehender zu verweilen, es sei nur gestattet, darauf hinzuweisen, dass die Anordnung der nordböhmischen Vulkane auf langen Linien, welche die Bruchränder der nördlich vorgelagerten Gebirge (Erz- und Riesengebirge) begleiten, dieselbe Abhängigkeit der vulkanischen Phänomene von dem Bau der Erdrinde bekundet, welche sich auch in dem Verhalten der italienischen Vulkan-Zone zum Appennin erkennen lässt, und welche ebenso in der Lage der

Massen tertiärer Trachyte in Nord-Ungarn, dem eingebrochenen Südrande der Karpathen gegenüber zu erkennen ist. Sehr ausgedehnt treten in Böhmen heisse Quellen und Säuerlinge im Gebiete der Bruchlinien auf — offenbar abhängig von diesen und zum grossen Theile im innigen Zusammenhange mit den vulkanischen Erscheinungen, als deren letzte noch heute fortdauernde Emanationen die kohlensäurehaltigen Quellen zu betrachten sind. Auch hier ist die Kohlensäure-Lieferung stellenweise ungeheuer gross: in der Umgebung von Marienbad z. B. entströmen dem Boden nach HEIDLER täglich 3600, jährlich 1·3 Millionen Cubikfuss (123 und 45·107 Cubikmeter) Kohlensäure. Die nordböhmischen Eruptivgebilde sind theils basischer, theils saurer Natur. Erstere haben stellenweise Aufschüttungskegel hinterlassen, welche durch die Frische ihrer Schlacken und die vulkanischen Bomben, die sie enthalten, leicht ihr Entstehen durch jüngere Ausbruchsthätigkeit erkennen lassen, wie z. B. das schon von GOETHE geschilderte Kammerbühl bei Eger.

Besonderes Interesse verdienen noch die zahlreichen, meist steil emporragenden Phonolithkuppen, für welche dieselbe Entstehung durch massige Ergüsse von zäher Lava angenommen werden muss, welche SCROPE für die Dome der Auvergne nachgewiesen hat. E. BEYER hat dies durch Untersuchung der Structurverhältnisse der Phonolithkuppen (speciell des Teplitzer Schlossberges), welche sich schalenartig zusammengesetzt zeigen, nachgewiesen und gezeigt, dass sich die Structur solcher Quellkuppen leicht nachahmen lässt, wenn man verschieden gefärbten, zähen Gypsbrei mit einem durchlöcherten Brette belastet. Bei der Durchschneidung der so gebildeten künstlichen Quellkuppe wird man diese aus verschieden gefärbten Schalen — welche den »Schlieren« eines Massenergusses entsprechen, zusammengesetzt finden. — Es erscheint sonach die von HOCHSTETTER gegebene Erklärung, nach welcher man in diesen massiven Kuppen (K. v. SEEBACH's homogenen Vulkanen) nur die massiven, inneren Kerne gewöhnlicher Vulkane zu sehen hat, deren geschichteter Mantel durch Abwitterung und Erosion zu Grunde gegangen ist, unzulässig. —

Indem wir darauf verzichten, weitere Beispiele erloschener Vulkan-Gebiete vorzuführen, deren Eruptiv-Gebilde so gut erhalten sind, dass sie in den letzten Perioden der Erdgeschichte entstanden sein müssen, beschränken wir uns darauf, noch auf die Basalte und Phonolithe des Höhgaues, als eines der ausgezeichnetsten Beispiele des Zusammenhanges der vulkanischen Erscheinungen mit dem Baue der Erdrinde hinzuweisen. Im Innern eines grossen Einbruchsfeldes erheben sich grosse vulkanische Massen, und die Aschenkegel der einstigen Vulkane haben wahrscheinlich einen viel grösseren Raum eingenommen als ihre heutigen Reste. Die westlichen Ausbrüche, zu welchen der Hohenhöwen (848 Meter) und Hohenstoffeln (846 Meter) gehören, sind basaltisch.

»Am Ostabhange des Berges — sagt v. FRITSCH vom Hohenhöwen — schreitet man auf schlackigen Lapilli's; man würde sich, wenn der dichte umgebende Wald nicht wäre, vollkommen auf den Hang eines kaum erloschenen Vulkans versetzt fühlen. Das sind dieselben runden Bomben von grösseren und kleineren Dimensionen, mit und ohne Kern, dieselben Lavathränen, die seilförmigen Schlacken, alle Formen der frischen Lapilli.« — Die östlichen Berge: der Hohentwiel (692 Meter), Hohenkrähen (644 Meter), Mägdeberg (666 Meter), Staufen (595 Meter) und einige niedrigere Kuppen bestehen aus Phonolith. Der Hohenkrähen besitzt eine spitzere, fast zuckerhutartige Gestalt, der Hohentwiel eine breitere Kuppel. Der Glockenform der Berge entspricht ihre innere

Structur: Schalenförmig über einander liegende Gesteinsplatten, die an den Seiten steil mit dem Bergabhang einfallen, auf der Bergkuppe sich wölben und flach legen.

Es ist dieselbe Glockenform und Structur, welche die Domite des Central-Plateaus von Frankreich und die Phonolithe des böhmischen Mittelgebirges aufweisen. Es ist die Form, wie K. v. Fritsch bemerkt, in der häufig die trachytischen Massen hervortreten, die zähflüssig die Oberfläche erreichen, sich daher selten in ausgedehnteren Strömen horizontal ausbreiten; wo sie aber Ströme bilden, nur äusserst selten solche von geringer Mächtigkeit erzeugen.

Auch die von Gümbel, Fraas und Deffner geschilderten jung vulkanischen Bildungen des Riesenkessels stehen im innigsten Zusammenhange mit einem Einsturz (vergl. E. Suess, Antlitz der Erde, I, pag. 259 u. f.).

Aeltere vulkanische Bildungen erscheinen fast in allen Theilen der Erde, sie sind sehr mannigfaltig und theilweise wesentlich von den geologisch jüngeren verschieden, insofern, als die weitgehende Abtragung der Bedeckung uns mit den Ausfüllungen der Tiefgänge und mit Intrusiv-Massen bekannt gemacht hat, die ursprünglich in bedeutender Tiefe gebildet, durch ihre eigenartige tektonische Rolle ebenso wie ihre krystallinische Ausbildung unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Wir werden uns mit diesen Bildungen eingehender zu beschäftigen haben, als mit den, oft sehr bedeutende Dimensionen erreichenden Decken, welche von älteren Eruptivgesteinen durch ihren Erguss an der damaligen Oberfläche gebildet wurden, und von welchen hier nur die sehr bedeutende Verbreitung erreichenden Quarzporphyre der Dyas in Deutschland und in Süd-Tyrol, sowie die, wahrscheinlich an der Grenze zwischen Kreide und Tertiär ergossenen ungeheuren basaltischen Decken der vorderindischen Halbinsel genannt sein mögen, welch letztere sich über tausende von Quadratmeilen erstrecken.

Als Lakkolithen bezeichnen die nordamerikanischen Geologen linsen-, brod- oder glockenförmige Eruptivmassen von oft gewaltigen Dimensionen, welche zwischen ältere Schichtgesteine eingebettet sind und durch empordringendes Magma in der Weise entstanden sein sollen, dass dasselbe ohne die Erdoberfläche zu erreichen, zwischen den Schichten zu einer gewaltigen Masse sich ansammelte. Diese Lakkolithen sollen nicht bloss Apophysen in das sie bedeckende Gestein entsendet, sondern es auch hochgradig metamorphosirt und gehoben haben. Später wurden sie durch Denudation der hängenden Schüttgesteine blossgelegt. Als Beispiel des Auftretens solcher Lakkolithe mögen die durch Gilbert geschilderten Henry Mountains auf dem Westrande des Colorado-Plateaus angeführt sein. Es sind dies fünf grosse Bergmassen, welche sich in beiläufig gleicher Entfernung von einer grossen tektonischen Störungslinie — der Waterpocket-Flexur auf dem hier 1500 Meter hohen Plateau bis zu 3429 Meter (Monte Ellen) und 3398 Meter (Monte Penell) erheben. Die Waterpocket-Flexur ist mit einer Senkung des Ostflügels bis zu dem Betrage von 7000 Fuss (2134 Meter) verbunden, und die Henry Mountains liegen auf dem flach lagernden gesenkten Theil. Die Lakkolithen liegen in Gruppen über- und nebeneinander und bilden den Kern dieser Berge. Monte Ellen zählt vielleicht dreissig derselben, Monte Holmes deren zwei, Monte Ellsworth einen, Monte Penell und Monte Hillers je einen grossen und mehrere kleine. Sie reichen nach der Höhe des Lagers vom Carbon bis zur Kreide, aber die Bildung ist durchwegs postcretacisch. In Ellsworth und Holmes sind vollständige Ueberwölbungen durch sedimentäre

Schichten vorhanden. Hillers Lakkolith ist der grösste; er ist zur Hälfte entblösst; seine Höhe wird über 2000 Meter, seine Basis auf 6·21 und 5·6 Kilom. geschätzt. Von dieser Zone giebt es Uebergänge bis zu den kleinsten eingeschalteten Lagergängen. Wo immer die vulkanischen mit den sedimentären Felsarten in Berührung treten, sind die letzteren verändert. Die Lakkolithen liegen hier ohne Ausnahme in den minder widerstandsfähigen Schieferhorizonten, wie in den sie trennenden festeren Sandsteinbänken.

Ein anderes Beispiel bilden die am östlichen Fusse der Rocky Mountains gelegenen, von ENDLIST beschriebenen Spanish Peaks, welche sich durch die radialen Gänge an ihrer Oberfläche besonders auszeichnen. Es sind zwei Spitzen von beträchtlicher Höhe (bis zu 4152 Meter), der östliche Berg besteht aus Eruptivgegestein, der westliche vorherrschend aus sedimentären Schichten, namentlich aus Sandstein und Schiefer von carbonischem Alter. Die Schichten sind nach ihren Fugen auseinander getrieben, grosse eruptive Keile sind eingedrungen, das oberhalb liegende Gewölbe wurde gesprengt, und hier bildete sich ein Netz von Gängen, welches bis in die cretacischen Schichten hinaufreicht und welches vielleicht bei seiner Bildung nicht in allen Theilen die Oberfläche erreichte, während auf anderen Gängen ein Ausquellen zu Tage stattgefunden zu haben scheint.

Die Lakkolithe der Rocky Mountains und des Colorado-Plateaus bestehen aus trachytischen Felsarten — in wenigen Fällen aus Rhyolit. Lakkolithe von basischen Laven wurden noch nicht beobachtet.

In Europa kennt man basische Intrusionen von gewaltiger Ausdehnung, welche jedoch nicht die Gestalt mächtiger Brote oder Linsen annehmen, wie die trachytischen Lakkolithe, sondern sich bei viel geringerer Mächtigkeit über weit grössere Flächenräume ausbreiten.

Ein ausgezeichnetes Beispiel ist die meist ausgedehnte Basaltlage, welche dem unteren Theile der Kohlenformation in Northumberland eingeschaltet ist. Dieser als »Whin Sill« bekannte Gang wurde lange Zeit als ein im Kohlenkalk gleichzeitiger, deckenförmiger Erguss betrachtet, bis durch genaue Untersuchungen seine Natur als Lagergang nachgewiesen wurde. Der Whin-Sill ist mit untergeordneten Unterbrechungen auf eine Strecke von 120 bis 130 Kilom. bekannt, er erreicht eine Mächtigkeit von 23 Meter und darüber. Seine Dimensionen mag er einestheils der im Allgemeinen gegenüber jener der trachytischen Laven bedeutenderen Beweglichkeit des basischen Magma, sowie dem früheren Vorhandensein eines grossen, zumeist den Schichtfugen folgenden Sprunges danken, welcher dem Magma Gelegenheit zum Eindrängen und zur Ausbreitung darbot.

Andere europäische Vorkommnisse stehen den echten Lakkolithen näher. So der Drammen-Granit im Gebiete von Christiania, welcher nach KJERULF's Schilderung auf beträchtliche Strecken hin von flach gelagerten verschiedenen Gliedern der Silurformation bedeckt wird, diese am Contact nach oben verändert hat, Bruchstücke derselben einschliesst und Gänge in sie entsendet. Der graulichblaue, silurische Kalk zeigt sich bei Drammen dort, wo er an den Granit stösst, in weissen körnigen Marmor umgewandelt, an der Grenze beider Gesteine finden sich mancherlei Silicate: Wollastonit, Granat u. s. w. (vergl. II, pag. 439). Die beiden Granitstöcke von Barr-Andlau und Hohwald in den Vogesen, welche in den Steiger Schiefern so ausgedehnte Umwandlungsvorgänge verursachten (vergl. II, pag. 437) sind diesen Schiefern eingelagert und geben Apophysen in dieselben ab. Nach den Untersuchungen F. LÖWLS' sind auch die Granitmassen des Kaiserwaldes, welcher den westlichen Abschnitt des Karlsbader Gebirges

bildet, den GILBERT'schen Lakkolithen analog, und wären die im Kaiserwalde vorhandenen acht Schichtenkuppeln des Glimmerschiefers durch eingeschaltete Granitkerne gebildet worden. E. SUESS vergleicht auch die grossen Granitstöcke des Erzgebirges, welche theilweise noch heute überwölbt sind von den Schiefermassen, in welche sie eingeschaltet sind und welche sie verändert haben, mit den nordamerikanischen Lakkolithen, und spricht die Ansicht aus, dass der Injection so gewaltiger Massen die Bildung eines entsprechenden Hohlraumes vorangegangen sei, wie sie durch die Rindenbewegungen der Erde wohl häufig zu Stande kommen mögen. Das injicirte Magma veränderte die Decke im Contact und gab Gänge in ihre Spalten ab, ohne sie zu durchbrechen. Es erstarrte zu einer Felsmasse, die später durch Erosion blossgelegt werden konnte. SUESS bezeichnet solche in der Tiefe der Rinde gebildete Eruptivmassen als »Batholithen« (Antlitz der Erde, I, pag. 218 und 219).

Es ist selbstverständlich schwierig, solche, durch Erosion freigelegte Batholithe von den Tiefgängen zu unterscheiden, welche gewöhnlichen oberirdischen Eruptionen ihr Material geliefert haben, sobald die an der Erdoberfläche gebildeten Tuffe, Lavaströme und Aufschüttungskegel durch die Erosion gänzlich entfernt worden sind. Die vulkanische Eruptionslinie des Banates wurde bereits an anderer Stelle wegen der Veränderungen, die durch den Contact mit den Eruptionsmassen die Nebengesteine erlitten haben, besprochen (Metamorphismus der Gesteine II, pag. 436). COTTA hat die Ansicht ausgesprochen, dass es auf der Banater Spalte nicht zu wirklichen Ausbrüchen an der Oberfläche gekommen sei, SUESS aber meint, dass der gänzliche Mangel an seitlichen Ergüssen hierfür kein voller Beweis sei, da die Abtragung, welche das Gebirge seit der Eruption, die wahrscheinlich in die Oligocänzeit falle, erlitten habe, eine so bedeutende gewesen sei, dass ihr die ausgeströmten Laven auf eine weite Umgebung unterliegen mussten. Würde die Abtragung noch weiter gegangen sein und etwa so weit reichen, dass die benachbarten mesozoischen Kalksteine und mit ihnen die Contact- und Erzbildungen verschwunden wären, so würde von der ganzen heutigen Mannigfaltigkeit des Banater Eruptiv-Gebietes nichts übrig bleiben als ein dioritischer Gesteinszug, eingebettet in Gneiss und Glimmerschiefer, welchem mancher Beobachter ein archaeisches Alter zuzuweisen geneigt sein dürfte. — Als einen solchen entblössten Eruptionszug bezeichnet SUESS den syenitischen, in seinem südlichen Theile granitischen Zug, welcher den Ostrand der böhmischen Masse begleitet und sie von den Sudeten trennt.

Besonderes Interesse besitzen deshalb solche alte Eruptiv-Gebiete, in welchen der Zusammenhang der Oberflächengebilde und der zugehörigen Tiefgänge noch nicht durch die weitgehende Abtragung der ersteren vernichtet wurde. Ausgezeichnete Beispiele hierfür geben die alten Vulkane der inneren Hebriden, sowie die Eruptionsbildungen von Predazzo in Süd-Tyrol.

Auf den inneren Hebriden breiten sich insbesondere auf den Inseln Mull und Skye grosse basaltische Ströme aus, die wahrscheinlich mit den Basalten im nordöstlichen Irland zusammenhängen. Aus diesen vulkanischen Ergüssen erheben sich, wie JUDD gezeigt hat, vier granitische Massen auf einer beiläufig von Nord nach Süd verlaufenden Linie, welche die Kerne von eben so vielen grossen Vulkanen darstellen. Sie sind: der Vulkan der Halbinsel Mull, jener der Halbinsel Ardnamurchan, dann jener der Halbinsel Rum und der Insel Skye. Jeder dieser granitischen Kerne steht in Verbindung mit später heraufgedrungenen basischen Felsarten, namentlich mit Gabbrogesteinen; die Masse

von Mull ist vielfach von demselben durchzweigt; an den nördlichen Massen steht der basische Stock neben dem Granit und giebt Gänge in denselben ab. Der Bildung der granitischen Masse scheint eine Zeit der Ruhe und Denudation gefolgt zu sein, bevor die basischen Ausbrüche eintraten. Diese ereigneten sich auf trockenem Lande, ihre Produkte liegen auf miocänen, blattführenden Schichten. Die grössten Aschenkegel, jene von Mull und Skye dürften über 4000 Meter Höhe erreicht haben. Durch die weitgehende Abtragung sind heute die Tiefgänge und die granitischen Kerne sichtbar geworden, sowie die dicken linienförmigen Intrusivmassen aus Syenit und Quarzporphyr, welche die letzteren in die mesozoischen Schichten abgeben.

Die Vulkane von Predazzo und dem Monzoni lassen, obwohl von weit höherem Alter als die Vulkane der Hebriden, doch in ähnlicher Weise die Lage ihrer Schlote, sowie die zugehörigen, hier der Triasformation eingeschalteten Laven und Tuffe erkennen. Der Monzoni war, wegen der Metamorphosen, welche seine Eruptivgesteine in den durchbrochenen Sedimenten hervorrufen, bereits an anderer Stelle Gegenstand der Schilderung (II, pag. 436); noch tiefer angeschlossen ist der Schlot des Vulkanes von Predazzo durch das von Nord gegen Süd verlaufende Thal des Avisio und durch das von Osten einmündende Val Travignolo. Granit und Syenit (Monzonit) treten hier in innigem Verbande mit Orthoklas-Porphyr und Melaphyr auf. Nur der Melaphyr hat Tuffe und Laven geliefert, welche sich weithin in der Trias Südost-Tyrols verfolgen lassen, die übrigen Gesteine aber sind auf den Schlot des Vulkanes beschränkt geblieben, doch lehren die Contactbildungen, die sie an den Berührungsstellen mit den durchbrochenen Sedimentärgesteinen erzeugten, sowie die Verknüpfung mit den bis zur Oberfläche emporgedrungenen Gesteinen, dass alle, so verschieden sie in ihrer mineralogischen Zusammensetzung und krystallinischen Ausbildung sein mögen, zusammengehören. Die sauren, zähflüssigen Laven sind ihrer geringen Beweglichkeit wegen im Schlote selbst erstarrt, und dem entsprechend auch individualisirt. Die weniger sauren, leichtflüssigen drangen in grössere Höhe empor, erstarrten nur zum Theile im Schlote vollkrystallinisch, während die an der Oberfläche ergossenen porphyrische Structur aufweisen. — Dieses Anhäufen des kieselsäurereichen Magma's im Centrum der Vulkane, welches sich auch in den Schloten der Hebriden beobachten lässt, während auch dort die Ströme, die aus den Schloten hervorgingen, basischer sind als die centralen Hauptgangmassen, erklärt BEYER wohl mit Recht durch die grössere Trägheit der kieselsäurereichen Schlieren.[1])

Wir sehen demnach, dass die älteren Eruptiv-Bildungen in Folge der weitgehenden Abtragung der oberflächlichen Gebilde anscheinend wesentliche Verschiedenheiten darbieten gegenüber den vulkanischen Bildungen der Gegenwart, die vor unseren Augen entstehen. Dem ungeachtet ist es nicht zweifelhaft, dass auch heute noch in den Tiefgängen vollkrystallinische Gesteine sich bilden, während die oberflächlich ergossenen Laven porphyrisch und selbst glasig erstarren.[2])

Aeltere vulkanische Gesteine haben jedoch auch zuweilen Umbildungen erlitten (vergl. Metamorphismus der Gesteine, I, pag. 454 u. folg.), die aus den

---

[1]) Vulkanologische Studien, Jahrbuch d. geolog. R.-A. 1878.

[2]) JUDD, Quart. journ. Geolog. Soc. 1874, pag. 300, BEYER, Physik der Eruptionen, pag. 132.

ursprünglichen Massen-Gesteinen schieferige hervorgehen liessen, welche anscheinend sedimentären Ursprungs sind. Dies gilt zumal von manchen Gneissen und krystallinischen Schiefergesteinen, während andererseits der Nachweis erbracht wurde, dass ganz ähnliche krystallinische Schiefergesteine durch Metamorphismus aus Sedimentbildung hervorgegangen sind.

Obwohl, wie aus der Aufzählung der heute noch thätigen Vulkane und der Betrachtung einiger erloschener Vulkan-Gebiete hervorgeht, die überwiegende Mehrzahl der irdischen Vulkane uns in Gestalt geschichteter, durch Aufhäufung der bei den Eruptionen unter lebhafter Dampfentwicklung emporgeschleuderten Massen entstandener Kegelberge entgegentritt, neben welchen die massigen, unter geringer Gasentwicklung gebildeten Quellkuppen, zumal in der gegenwärtigen Bethätigung des Vulkanismus eine sehr untergeordnete Rolle spielen, ist der Grundbegriff eines Vulkanes von dem Entstehen eines derartigen Kegels oder einer Quellkuppe unabhängig. Dies wird nun zumal klar, wenn wir einen vergleichenden Blick auf die vulkanischen Erscheinungen der Sonne und des Mondes werfen, welche, obwohl sie in ihren Grundbedingungen mit jenen der Erde übereinstimmen, dennoch weitgehende Unterschiede aufweisen.

Als Grundursache der kosmischen Erscheinung des Vulkanismus ist die in Folge der Abkühlung und Erstarrung erfolgende Ausscheidung der im Magma absorbirten Gase anzusehen. Sie geht in ähnlicher Weise vor sich, wie das Ausspratzen der Gase beim Erstarren geschmolzener Metalle. Bei dem grossen Centralkörper unseres Planetensystems ist die Abkühlung und demgemäss auch die Erstarrung eben der Grösse des Sonnenballes wegen, nicht weit vorgeschritten. Die Erstarrungs- und Spratzvorgänge, auf welche wir die Erscheinungen der Sonnenflecke und der Protuberanzen zurückzuführen haben (und ähnliche Vorgänge dürften auf den meisten Fixsternen stattfinden, deren Licht bei der spektroskopischen Untersuchung ein ähnliches Spektrum aufweist wie die Sonne) erzeugen daher in dem flüssigen Magma nur vorübergehende Spuren: die Dauer der Sonnenflecke ist eine beschränkte, jene der kleineren sehr kurz und nur die grösseren, welche bisweilen die Erdoberfläche an Umfang übertreffen, erhalten sich Monate lang.

Bei dem kleinen Trabanten unserer Erde ist die Erstarrung seinem um so viel geringeren Volum entsprechend, viel rascher vor sich gegangen und die gewaltigen Spratzvorgänge, welche durch die rasche Erstarrung verursacht wurden, haben dem Antlitz des Mondes ihre unverkennbaren und durch keine späteren nivellirenden Einflüsse wieder verwischten Spuren aufgedrückt. Die scharfgezeichneten Kratergebirge des Mondes wurden häufig mit den irdischen Vulkanen verglichen, es ist jedoch die Analogie wohl gross, aber nicht vollständig. Die Mondkratere gleichen am meisten den geplatzten Blasen teigiger Stoffe oder den Spratzformen mancher Metalle. Leibnitz wurde durch diese Aehnlichkeit zu der Annahme veranlasst, dass am Mond ehedem Bewegungserscheinungen geherrscht hätten, wie wir sie an erstarrenden Metallen beobachten. Die Mondkrater unterscheiden sich wesentlich von den Aufschüttungskegeln der irdischen Vulkane. Diese sind wirkliche Berge, modificirt durch Einsenkungen, — bei den Mondgebilden hingegen ist Hauptsache, was dort von untergeordneter Bedeutung erscheint, sie sind nicht Erhebungen mit kleinen centralen Einsenkungen, sondern weite tassenförmige Vertiefungen mit aufgetriebenen Rändern und flachem Boden, auf welchem häufig weitere Spratzkegel liegen. Dieser tiefgreifende Unterschied

verweist auf eigenthümliche, von den irdischen abweichende, genetische Verhältnisse. Solche Gebilde kommen nur einer zähen Teigmasse zu, aus welcher Dämpfe entwichen, sie erinnern lebhaft an die Spratzblasen erstarrender Metalle. Hiegegen aber scheint die schon von HUYGHENS erkannte Thatsache zu sprechen, dass der Mond keine Atmosphäre besitzt, doch liegt die Annahme nahe, dass die ausgespratzten Gase von dem festen Ball später wieder nahezu ganz (Spuren gasförmiger Körper sind durch genaue Beobachtung in den tiefer liegenden Theilen der Mondoberfläche wahrgenommen worden) aufgenommen wurden. BEYER gebraucht für dieses Verschlucken der flüssigen und gasförmigen Hüllen den Ausdruck Reabsorption. Er meint, dass die Gase nur von dem in Erstarrung begriffenen, glühenden Körper ausgeschieden wurden, dass sie aber nicht ausgeschieden bleiben, weil mit der fortschreitenden Abkühlung auch das Absorptionsvermögen wieder zunehme und endlich bei weiterer Temperatur-Abnahme eine Grösse erreiche, welche den Absorptions-Coefficienten der glühenden Flüssigkeit in den meisten Fällen weitaus überbieten dürfte. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass chemische Prozesse bei dem schliesslichen Verschwinden der Atmosphäre und Hydrosphäre eines alternden Weltkörpers eine noch wichtigere Rolle spielen. DELESSE betont das Zusammenwirken der Hydratbildung und der Infiltration, welche beide hinreichen, um die flüssigen Hüllen, die heute die Erde umgeben, aufzuzehren. Allerdings ist es schwer zu sagen, ob heute auf der Erde der ihrem Vulkanismus zu Grunde liegende Prozess der Ausstossung oder jener der Bindung von Liquiden die Oberhand hat; gewiss aber wird der letztere mit der Zeit immer mehr überwiegen und endlich Atmosphäre und Hydrosphäre aufhören.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Vulkanismus der Erde und des Mondes liegt ferner darin, dass derselbe sich anscheinend auf der gesammten Oberfläche des kleineren Himmelskörpers ungestört bethätigen konnte, während dies auf der Erde keineswegs der Fall ist. Der Vulkanismus der Erde ist durch den Druck der lastenden Rinde gefesselt (vergl. den Artikel »Der Erdball als Ganzes und seine Beschaffenheit,« I, pag. 256 in Beziehung auf die Aggregationsform des Erdinneren), er vermag sich nur an bestimmten Stellen, dort, wo die gebirgsbildenden Vorgänge Entlastung herbeigeführt haben, zu bethätigen. Man kann deshalb den irdischen Vulkanismus kaum mit ALEX. VON HUMBOLDT einfach eine Reaktion des Erdinneren auf die Erdoberfläche nennen, weil die Gestaltung dieser Oberfläche, der Bau der äusseren Rinde vielmehr für das Fehlen oder Auftreten vulkanischer Bildungen Ausschlag gebend ist. Deshalb liesse sich HUMBOLDT's Ausspruch mit mehr Recht auf den Vulkanismus des Mondes als auf jenen der Erde anwenden.

In einer früheren Epoche der Erdgeschichte, als die Erstarrung noch nicht soweit vorgeschritten war, mag der Vulkanismus der Erde ähnliche Vorgänge verursacht haben, wie wir sie heute an der Sonne beobachten, später griff die Erstarrung weiter um sich, das Ausspratzen der Gase nahm ab, und endlich kam es dahin, dass die Tension der Spratzgase nicht hinreichte, um die überlastenden Massen der äusseren Rinde zu durchbrechen. Dies ist der Zustand, der seit langer Zeit (wie uns die Beschaffenheit der vulkanischen Bildungen, selbst der ältesten Formationen lehrt) auf der Erde herrscht. Die Abkühlung der Erde dauert fort, sie verursacht, wie an anderer Stelle erörtert wurde, durch die Volumverminderung des Kernes Zusammenschub und Faltung der Rinde. Diese kann wegen der Starrheit der die Oberfläche bildenden Gesteine nicht ohne

Brüche erfolgen, und der Zusammenbruch der Rinde ist nothwendig von vulkanischen Erscheinungen begleitet. Sowohl die Brüche, welche mit der Bildung der Kettengebirge im Zusammenhang stehen, und theils als Längsspalten (Faltenverwerfungen), oder als Querspalten auftreten, und jene, die in Plateaulandschaften grosse in verschiedenem Niveau liegende, nur vertical bewegte Schollen der Erdrinde abgrenzen, haben dem Vulkanismus, der sonst durch den Druck der lastenden Schichten gebannt war, Gelegenheit zur Bethätigung gegeben.

Sowohl die gegenwärtigen Vulkane der Erde, als auch die älteren vulkanischen Bildungen lassen diese Abhängigkeit klar erkennen. Die vulkanischen Zonen, welche die Bruchlinien der Faltungsgebirge bezeichnen, sind durch Reihen noch thätiger oder erloschener Vulkane bezeichnet. Es mag genügen, auf die analoge Stellung der italienischen Vulkane längs dem südwestlichen Bruchrande des Appennin und der tertiären Eruptivbildungen an dem Südrande der Karpathen, des Bakony- und des Erzgebirges zu erinnern. Am deutlichsten aber tritt der Zusammenhang zwischen Bruchlinien und Eruptionen bei den grossen Ausbrüchen hervor, welche die grossen Hauptsprünge des Colorado-Plateaus begleiten. Grosse Massen von Eruptivgestein sind hier auf viele Meilen langen Spalten herausgetreten und haben so gewaltige Decken gebildet, dass Suess meint, es sei das Hervorquellen nach den einfachen Gesetzen der Hydrostatik erfolgt, wobei das Hinabsinken einer grösseren Scholle der Erdrinde eine wesentliche Rolle bei dem Emporquellen der geschmolzenen Unterlage gespielt habe.[1]) Aehnliche Gedanken hat auch Pilar in seiner Abyssodynamik ausgesprochen, in welcher ein Schwimmen der einzelnen Schollen der Erdrinde auf dem flüssigen Inneren vorausgesetzt wird. Es wurden jedoch in dem Artikel über den Erdball die Gründe dargelegt, aus welchen man auf die Starrheit des Erdinneren schliessen kann. Das Magma derselben ist zwar sehr heiss und die Temperatur so hoch, dass es sich im Glutfluss befinden müsste, wenn der Druck der lastenden Schichten es nicht verfestigen würde. Dieses starre Magma wird jedoch flüssig, sobald Entlastung eintritt, die Gase, welche es absorbirt enthält (vor allem Wasserdampf), bethätigen ihre Spannkraft und es tritt durch Dunsen und Aufkochen des Magma Eruption ein. Diese kann sehr verschiedener Natur sein. Nicht immer kommt es zu jenen gewaltigen explosiven Wirkungen, welche bei den grossen Eruptionen des Aetna und Vesuv und anderer Feuerberge beobachtet wurden, oft tritt Lava vergleichsweise ruhig aus, wie dies z. B. bei den Vulkanen Hawaii's Regel ist. Diese Verschiedenheiten scheinen wesentlich durch die reichlichere oder geringere Durchtränkung des erumpirenden Magma's bedingt zu werden. Der hydato-dialytische Schmelzfluss des erumpirenden Magma's ist verschieden, je nach der Temperatur desselben und der Menge der durchtränkenden Liquida. Reichlich durchtränkte Lava zerstäubt bei der Eruption, wenig durchtränkte fliesst ruhig aus. Auch auf die Erstarrung der Laven und die Struktur der Eruptivgesteine hat die Quantität der Durchtränkung und der Umstand, ob dieselbe entweichen konnte, oder im erstarrenden Gestein zurückgehalten wurde, grosse Bedeutung. Wenig durchtränktes Magma und solches, welches die absorbirten Gase rasch abgab, erstarrt glasig oder porphyrisch, reichlich durchtränktes, dessen Liquida nicht zu entweichen vermochten, vollkrystallinisch. Es verhalten sich jedoch die sauren und basischen Laven in dieser Hinsicht sehr ungleich, wie schon die Seltenheit basischer Gläser zeigt. Bei sehr

[1]) Antlitz der Erde, I, pag. 199.

geringer Durchtränkung erstarren jedoch auch basische, eisenreiche Laven glasig, wofür die grossen Ströme Hawaii's Zeugniss geben. Im Allgemeinen sind die Tiefganggesteine und die unter einer Belastung, welche das Entweichen der Dämpfe hinderte, erstarrten Ergüsse (Batholithe) vollkrystallinisch, die an der Oberfläche ergossenen Laven porphyrisch oder selbst glasig entwickelt. Da die Gesteine der Tiefen-Bildung erst durch weitgehende Zerstörung der umhüllenden Decke sichtbar werden, kennen wir vollkrystallinische Eruptivgesteine zumeist aus den ältesten, porphyrische aus den mittleren Formationen. Dies war die Ursache, weshalb man glaubte, dass die Structur der Massengesteine durch ihr geologisches Alter bedingt sei, und Granit, Syenit, Diorit und Diabas als Palaeolithe, Quarzporphyr, Porphyrit, Melaphyr und Augitporphyr als Mesolithe, Trachyt, Andesit und Basalt aber als Känolithe bezeichnete. Während jedoch auf der einen Seite gezeigt werden konnte, dass zu Predazzo, im Banat, auf den Hebriden u. s. w. mesozoische und tertiäre Granite und Syenite auftreten, hat man andererseits auch sehr alte Eruptivgesteine kennen gelernt, welche mit den modernen Laven die grösste Aehnlichkeit haben (Palaeo-Trachyte, Palaeo-Andesite.[1]) DANA hat schon vor längerer Zeit die Ueberzeugung ausgesprochen, dass die in der Tiefe der heutigen Vulkane erstarrenden Gesteine dieselbe Beschaffenheit haben müssen, wie die älteren Haupt-Gang-Massen und dass demnach die verschiedenen Arten der Eruptivgesteine nicht an bestimmte Epochen gebunden sein können[2]) und v. COTTA hat dieselbe Ansicht vertreten.[3]) JUDD's Untersuchungen über die Vulkane der Hebriden, sowie diejenigen REYER's über die Umgebung von Predazzo und die alten Eruptivgebilde des Erzgebirges erhoben sie zur Sicherheit. Wir dürfen deshalb annehmen, dass die Erscheinungen des irdischen Vulkanismus seit sehr langer Zeit dieselben waren wie heute, wenn auch von den älteren Bildungen die oberflächlichen Aufschüttungskegel und Lavaströme zum grössten Theile durch Zerstörung verloren gegangen sind, während uns von den heutigen Vulkanen nur diese, nicht aber die Tiefgangbildungen bekannt werden können.

Literatur: A. Allgemeine Werke über Vulkanismus: BUCH, L. v., Ueber die Zusammensetzung der basaltischen Inseln und über Erhebungskratere. Berlin 1818. — Ueber Erhebungskratere und Vulkane. Berlin 1835. — DAUBENY, CH., Description of active and extinct Volcanos, London 1848. — FUCHS, C. W. C., Vulkane und Erdbeben. Internat. wiss. Bibl. XVII. Leipzig 1875. — Berichte über die vulkanischen Erscheinungen der Erde in den Jahren 1665—71. Neues Jahrb. f. Min. Jahrgänge 1866—72, von 73 an in TSCHERMAK's mineralogischen Mittheilungen. — HARTUNG, G., Betrachtungen über die Erhebungskratere, Leipzig 1832. — HUMBOLDT, A. v., Ueber den Bau und die Wirkung der Vulkane. Berlin 1824. — LANDGREBE, G., Naturgeschichte der Vulkane und der damit in Verbindung stehenden Erscheinungen. Gotha 1855. — MALLET, ROB., Ueber vulkanische Kraft (übersetzt von LASAULX). Bonn 1875. — REYER, ED., Beitrag zur Physik der Eruptionen und der Eruptivgesteine. Wien 1877. — SCROPE, G. POULETT, Ueber Vulkane, 2. Aufl. (übersetzt von G. A. v. KLOEDEN, welcher das Werk mit zahlreichen Glossen zur Vertheidigung der von SCROPE bekämpften HUMBOLDT-BUCH'schen Hypothese der Erhebungskrater versah). Berlin 1872. — Die Bildung der vulkanischen Kegel und Krater (übersetzt von C. L. GRIESBACH, mit Zurückweisung der KLOEDEN'schen Glossen). Berlin 1873. — SEEBACH, Vorläufige Mittheilung über die typischen Verschiedenheiten im BAU der Vulkane und über deren Ursache. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1866, pag. 643. — STRENG, A., Beitrag

[1]) G. STACHE und C. v. JOHN, Geol. und petr. Beitr. z. Kenntniss der älteren Eruptiv- und Massengesteine der Mittel- und Ost-Alpen, Jahrb. d. geolog. Reichs-Anstalt, Wien 1877 und 79.

[2]) Americ. journ. 1846, II, pag. 252.

[3]) Geologie der Gegenwart, 1866, pag. 20 u. 40.

zur Lehre des Plutonismus; TSCHERMAK's mineralog. u. petrogr. Mitth. 1878, pag. 40. — TSCHERMAK, G., Ueber den Vulkanismus als kosmische Erscheinung. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss., I. Abth., Wien 1877. B. Schilderungen einzelner Vulkanbezirke oder Eruptionen: BRANCO, W., Die Vulkane des Herniker Landes in Mittel-Italien. N. J. d. Min. 1877, pag. 561. — BUCH, L. v., Physikalische Beschreibung der canarischen Inseln. Berlin 1825. — DECHEN, H. v., Geognost. Beschreib. der Vulkanenreihe der Vordereifel. Bonn 1861. — Geogn. Führer zum Laacher See und seinen vulkanischen Umgebungen. Bonn 1864. — DÖLTER, C., Die Vulkangruppe der pontinischen Inseln. Abhandl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1875. — Der Vulkan Monte Ferru auf Sardinien. Abhandl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1877. — Die Vulkane der Capverden und ihre Produkte. Graz 1882. — DRESSEL, L., Geogn. geolog. Skizze der Laacher Vulkangegend. Münster 1871. — DUTTON, C. E., Hawaiian Volcanoes, U. S. geol. Survey, 4. ann. Report 1882—83. — FOUQUÉ, F., Santorin et ses éruptions. Paris 1879. — FRITSCH, K. v., W. REISS und A. STÜBEL, Santorin. Heidelberg 1867. — FRITSCH, K. v., Geolog. Beschr. d. Ringgebirges von Santorin. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1871, pag. 125. — FUCHS, C. W. C., L'Isola d'Ischia. Firenze 1872. — HEIM, A., Der Vesuv im April 1872. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1873, pag. 1. — HOCHSTETTER, F. v., Geologie von Neu-Seeland. (Novara-Reise-Werk.) Wien 1864—1866. — LECOQ, Les époques géologiques de l'Auvergne. Paris 1867. — LOTZE, LUDW., Die Eruption auf Krakatau. Földtani Közlöny, Budapest 1884. — RATH, GERH. v., Die römische Campagna und das Albaner Gebirge. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1866, pag. 487. — REYER, ED., Die Euganeen. Wien 1877. — ROTH, J., Der Vesuv und die Umgebung von Neapel. Berlin 1877. — SCHMIDT, JULIUS, Vulkan-Studien. Leipzig 1874. — VERBECK, R. D. M., Officieller Bericht über den vulkanischen Ausbruch von Krakatau am 26., 27. und 28. August 1883, übersetzt vnn E. METZGER, Halle a. S. 1884. — WALTERSHAUSEN, SARTORIUS v., Der Aetna, herausgegeben von LASAULX, Leipzig 1880.

Wasser, seine geologischen Wirkungen

von

Prof. Dr. **R. Hörnes.**

Wasser tritt auf der Erde überaus verbreitet auf und so mannigfach seine Erscheinungsform, so vielfach ist auch die von ihm entfaltete geologische Thätigkeit. Die Oberfläche der Erde ist allerdings nicht vollständig von Wasser bedeckt, Continente und Inseln ragen über die Wasserfläche empor, allein die Oberfläche des Meeres ist dreimal so gross als jene des Festlandes und die mittlere Tiefe der Meere beträgt nahezu das Siebenfache der mittleren Höhe der Continente (vergleiche den Artikel »Das Meer« II, pag. 406); man kann demnach von einer Hydrosphäre sprechen, wenn diese auch nicht wie die Atmosphäre eine vollständige Kugelschale darstellt. Weitaus die grösste Menge des auf der Erde befindlichen Wassers gehört der Hydrosphäre an. So gewaltig diese Wassermasse auch scheint, so tritt ihr Volumen gegenüber demjenigen des Erdballes sehr zurück. (Der Aequatorialhalbmesser der Erde nach BESSEL = 6377397, die durchschnittliche Tiefe der Meere nach KRÜMMEL = 3438 Meter). Ein anderer Theil des auf der Erde vorhandenen Wassers ist als Wasserdampf in der Atmosphäre enthalten, ein anderer fliesst in Gestalt von Quellen, Bächen, Flüssen und Strömen dem Meere zu, ein weiterer lagert in fester Form als Schnee und Eis auf den Hochgebirgen und an den Polen, ein grosser Theil durchtränkt als Gebirgsfeuchtigkeit die Gesteine und selbst in dem heissen Erdinnern enthält das Magma grosse Quantitäten von überhitztem Wasser gefesselt.

Alle diese Wassermengen aber sind im Zustande der Bewegung, im Kreislaufe

befindlich. Durch den Einfluss der Sonne steigt Wasser als Wasserdampf in die Atmosphäre, verdichtet sich daselbst wieder und gelangt als atmosphärischer Niederschlag zur Erde zurück. Ein Theil des meist in flüssiger Form erfolgenden Niederschlages verdunstet wieder sofort, oder wird von den an der Oberfläche der Erde lebenden Organismen aufgenommen, ein anderer Theil dringt in den Boden ein, ein weiterer fliesst oberflächlich ab. Es ist klar, dass an den verschiedenen Stellen der Erdoberfläche die Quantitäten Wassers, welche verdunsten oder in den Boden eindringen oder oberflächlich abfliessen, sehr verschiedene sein werden, je nach den klimatischen Verhältnissen, der Gesteinsbeschaffenheit und der Vegetationsdecke. Sowohl das oberflächlich abfliessende Wasser, als auch der grösste Theil des in den Boden eindringenden Wassers, welches in Gestalt von Quellen wieder zu Tage tritt (vergl. den Artikel »Quellen« III, pag. 123), strömt den tiefer gelegenen Theilen der Erdoberfläche zu, um endlich die grossen Sammelbecken zu erreichen, von welchen aus neuerdings der Kreislauf beginnt. Auch die Schnee- und Eismassen, welche sich aus den über der Schneegrenze jahraus jahrein in fester Form ansammelnden Niederschlägen bilden, wandern langsam der Tiefe zu, (vergl. den Artikel »Gletscher« II, pag. 88) sind sonach keineswegs von dem allgemeinen Kreislauf des Wassers ausgenommen. Nehmen wir die Oberfläche der Meere zu 6800000 Quadratmeilen, ihre durchschnittliche Tiefe zu $\frac{1}{2}$ Meile an, so ergiebt sich ein Volumen der Meere von 3400000 Cubikmeilen, welches sich zu dem Volumen der Erde wie 1:780 verhält, während die Masse der Hydrosphäre zu jener der gesammten Erde sich wie 1:4540 verhält. Nehmen wir ferner an, dass auf der ganzen trockenen Erdoberfläche jährlich circa 3000 Cubikmeilen Wasser (Niederschläge als Thau, Regen, Hagel und Schnee) fallen, so wären 1133 Jahre nothwendig für den gesammten Wasserumsatz des Meeres, oder ehe der Inhalt der Meere einmal verdunstend sich erneuert.[1]) Es ist jedoch hierbei vorausgesetzt, dass kein Wassertheilchen des Meeres die Reise zweimal zurückgelegt und es ist nicht in Rechnung gezogen, dass wohl die Verdunstung an der Oberfläche der grossen Weltmeere die Hauptquelle des Wassergehaltes der Luft bildet, dass aber auch Seen, Flüsse und vegetationsreiche Landstrecken grosse Mengen von Wasserdampf an die Atmosphäre abgeben, deren Condensation an der oben angenommenen Niederschlagsmenge theilnimmt. Ueberdies sind ausgedehnte abflusslose Strecken des Festlandes von dem grossen Kreislauf des Wassers abgeschnitten, so das grosse Gebiet der abflusslosen Seen in Ost-Europa und im westlichen und mittleren Asien, fast ganz Nord-Afrika (mit Ausnahme des schmalen Nilthales, welches hauptsächlich Central-Afrika entwässert) und Arabien, ein bedeutendes Gebiet von Nord-Amerika zwischen dem Felsengebirge und der Sierra Nevada, kleinere Theile in den südamerikanischen Anden und im Gebiete der argentinischen Republik, endlich der grössere Theil Neuhollands.

Abgesehen von diesem grossen Kreislauf des Wassers aus dem Meere durch die Atmosphäre auf das Festland und von diesem wieder zurück zum Oceane scheint auch ein weiterer, kleinerer und unvollkommener Kreislauf des Wassers mit dem Vulkanismus zusammen zu hängen. Setzen wir mit REYER voraus, dass das irdische Magma nicht genugsam durchtränkt ist, um eruptionsfähig zu sein, und nehmen wir an, dass Infiltration von der Oberfläche her nothwendig ist, um das Magma durch genügende Durchtränkung ausbruchsfähig zu machen (die Mög-

[1]) F. HOCHSTETTER, Allgem. Erdkunde (Unser Wissen von der Erde. I. Bd.) pag. 386.

[2]) E. REYER, Physik der Eruptionen. pag. 50.

lichkeit des Eindringens des Wassers von der Oberfläche in bedeutende Tiefen wurde im Artikel »Quellen«, III, pag. 124 erörtert), so gelangen wir zu der Vorstellung, dass mehr oder weniger beträchtliche Quantitäten von Wasser in die Tiefe wandern, daselbst vom Magma gebunden und bei der Eruption wieder ausgestossen werden, zugleich mit jenen Liquiden, welche das Magma schon von Anbeginn absorbirt hatte. Ein Theil derselben wird allerdings bei der Zerstörung der Eruptivgesteine dauernd gefesselt und in den Gesteinsporen zurückgehalten werden. (Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse. Vergl. den Artikel »Gesteine«, II, pag. 23). Andererseits findet an der Erdoberfläche eine stetige, wenn auch sehr langsam fortschreitende Verminderung der Wassermenge durch die Bildung von Hydraten bei der Verwitterung statt.[1]) Es ist deshalb klar, dass die Menge des an der Erdoberfläche vorhandenen Wassers stets abnehmen muss, vorausgesetzt, dass durch die Bildung der Hydrate mehr Wasser verbraucht wird, als der Vulkanismus aus dem Innern der Erde an die Oberfläche bringt. Da man wohl voraussetzen kann, dass die Gesteine bei ihrer Verwitterung den tausendsten Theil ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen, die Masse des an der Erdoberfläche vorhandenen Wassers aber nur $\frac{1}{4540}$ der ganzen Erdmasse beträgt, so ist es denkbar, dass mit der Zeit dieser ganze Wasservorrath von den Gesteinen verschluckt und gebunden wird, womit, freilich erst nach einem für unsere Begriffe unendlichen Zeitraum, das Ende des organischen Lebens auf der Erde herbeigeführt wäre. Es ist jedoch ziemlich unmöglich, die im Erdinnern vorhandene Wassermenge zu schätzen und es ist lediglich eine Vermuthung, wenn Reyer meint, dass die Menge der Flüssigkeiten, welche das Erdmagma durchtränkt, die Wassermenge sämmtlicher Meere bei weitem übertreffen dürfte. Jedenfalls ist es eine offene Frage, welcher von den beiden Processen: der Förderung von Liquiden durch die Vulkane und des Entweichens derselben durch Hydratbildung und Infiltration heute die Oberhand hat.

Wasser spielt demnach eine äusserst wichtige Rolle bei den vulkanischen Erscheinungen, die emporquellenden Laven befinden sich in einem hydrothermalen Schmelzfluss und die Spannkraft des überhitzten Wassers ist im Wesentlichen als die Ursache der gewaltigen Kraftäusserungen zu betrachten, welche bei den Eruptionen stattfinden. Auch bei der Contactwirkung, welche Eruptivgesteine auf ihre Umgebung ausüben, dürfte dem heissen Durchtränkungswasser derselben eine grosse Rolle zufallen. Wasser ist überhaupt bei der Mineralbildung in hohem Grade betheiligt, viele Gänge sind einfache wässrige Bildungen, vorzüglich durch Lateralsekretion, eine Entstehung die H. Credner sogar für die granitähnlichen Gänge im sächsischen Grannlitgebirge angenommen hat. (Vergl. I, pag. 472). Die wichtigste geologische Arbeit aber leistet das aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche fallende Wasser auf seinem Wege zum Meere durch Zerstörung, Transport und Aufbau. Dies gilt ebenso von dem fliessenden, wie von dem in fester Form als Schnee, Firn und Eis auf der Oberfläche der Lithosphäre sich sammelnden Wasser: die Gletscher greifen, wenn auch in viel geringerem Maasse ihre Unterlage an, transportiren grosse Mengen von Gesteinsmaterial und lagern sie als Moränen wieder ab. Aber auch die grossen Wassermassen, welche in den Vertiefungen der Lithosphäre als Oceane gesammelt sind, wirken sowohl zerstörend als aufbauend, ersteres insbesondere durch den Wellenschlag an den Küsten, die durch die Brandung erzeugte Abrasion vermag grosse Landmassen und Gebirge zu schleifen; (vergl. I, pag. 549 und II, pag. 412), letzteres abge-

[1]) Vergl. Delesse, Bullétin d. l. société géologique. 1862. pag. 89.

sehen von der bloss mechanischen Wirkung, insbesondere durch die Thätigkeit der Organismen, welche im Meere leben. Die geologische Thätigkeit des Wassers ist bereits in einer Reihe von Artikeln nach manchen Seiten hin besprochen worden. Der Artikel »Quellen«, III, pag. 123, behandelt das in den Boden eindringende und an andern Stellen zu Tage tretende Wasser, der Artikel »Gletscher«, II, pag. 88, die Glacialphänomene, der Artikel »Das Meer und seine geologische Bedeutung«, II, pag. 406, die zerstörende und aufbauende Thätigkeit des Meeres, während die wichtige Rolle, welche das Wasser bei den vulkanischen Erscheinungen, sowie bei der Bildung von Mineralen und Gesteinen spielt, in den Artikeln »Der Erdball« (vergl. insbesondere pag. 292 des ersten Bandes), »Die Vulkane«, III, pag. 531, »Chemische Processe in der Geologie«, I, pag. 127, erörtert wurde. Es erübrigt daher an dieser Stelle noch die Besprechung der mechanischen Wirkung des fliessenden Wassers, welche in ihrer zerstörenden Richtung bereits in dem Artikel »Gebirge« (vergl. I, pag. 547) Erwähnung fand, während die Ablagerungen, welche das fliessende Wasser bewirkt in dem Artikel »Die Deltabildungen«, I, pag. 201, hinsichtlich der von Flüssen vor ihrer Mündung in Seen, Meere und andere Flüsse gebildeten Sedimente besprochen wurden. —

So wie der fallende Tropfen auch den härtesten Stein aushöhlt, so wäscht auch das fliessende Wasser sich eine Rinne und vertieft und erweitert sein Bett fortwährend. Bei dieser Arbeit wird das fliessende Wasser wesentlich unterstützt durch die Hilfe des Frostes und der Verwitterung, welche das Gestein verkleinern und zum Transport vorbereiten und hierdurch dem Wasser das Hauptwerkzeug zu der bohrenden und sägenden Wirkung liefern, welche es auf die Erosionsfurche ausübt.

Verwitterung und Erosion sind unermüdlich thätig, die Unebenheiten der Oberfläche der Lithosphäre, soweit diese nicht vom Meere bedeckt wird, anzunagen, auszumeisseln und schliesslich abzutragen, ihrer vereinten Wirkung ist die gegenwärtige Gestalt der Erdoberfläche zuzuschreiben. Die Verwitterung ist in ihren Erscheinungen und Wirkungen von der geographischen Lage und der vertikalen Erhebung, sowie von klimatischen und meteorologischen Verhältnissen abhängig. Ihre Wirkungen sind in den Tropenländern, in den gemässigten Breiten und in den Polarregionen nicht bloss der Ausdehnung nach, sondern auch qualitativ sehr verschieden, sie sind auch im Gebirge viel bedeutender als in der Ebene oder im Hügellande. Die Verwitterungsprodukte bilden im letzteren Falle eine Kruste, welche das Innere der Gesteinsmasse einigermaassen vor der weiter eindringenden Zerstörung schützt, während an den steilgeneigten Gehängen des Hochgebirges Alles, was dort gelockert wurde, der Schwerkraft folgend ins Thal stürzt, sich zu Schuttlehnen aufhäuft oder vom Wasser weiter thalwärts getragen wird. Es wirken eine Menge Faktoren zusammen, um die Wirksamkeit der Verwitterung im Gebirge zu erhöhen: starke Wechsel der Temperatur, grössere Feuchtigkeit, energische Wegführung des abgestürzten Materiales durch die Gebirgsbäche, wodurch immer neue Flächen der Verwitterung preisgegeben werden.

Die Vorgänge, welche unter dem Sammelnamen Verwitterung zusammengefasst werden, sind theils mechanische, theils chemische. Schon die einfachen Temperaturveränderungen, durch welche einzelne Theile eines Gesteines mehr oder weniger stark ausgedehnt oder zusammengezogen werden, üben auf manche Gesteine gewaltige Einwirkung aus. So verwittert der grobkörnige Granit der Alexandersäule in Petersburg sehr rasch durch die ungleichmässigen Ausdehnungen und Zu-

sammenziehungen seiner grossen rothen Feldspathkrystalle bei Temperaturschwankungen.

In tropischen Wüsten, wie in der Sahara, ist die fortwährende rasche und gewaltige Temperaturänderung, der Wechsel von drückender Hitze und empfindlicher Kälte, welcher täglich beim Auf- und Untergange der Sonne stattfindet, der wesentlichste Factor der Verwitterung. Die Schwankungen der Schattentemperatur betragen in der Sahara oft in 24 Stunden 45° C. Die hierdurch bedingte stets wechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung der Gesteine erzeugt in denselben feine, sich rasch vergrössernde Risse. Bisweilen sieht man grössere Stücke, namentlich von Feuerstein, welche ganz zerklüftet sind und bei einem Anstoss in Trümmer zerfallen. Es ist damit die eigenthümliche Erscheinung verbunden, dass eine äussere Verwitterungsrinde nicht gebildet wird, sondern die Gesteinsblöcke gewissermaassen von innen heraus zerfallen.

Zu den Temperaturänderungen an sich tritt jedoch als wichtigstes Agens der Verwitterung das Wasser, welches in die feinsten Spalten der Gesteine eindringt, beim Gefrieren durch seine Ausdehnung (ein Volum Wasser von 0° wird zu 1·09 Raumtheilen Eis) eine enorme Kraft ausübt und hierdurch Felsstücke zersprengt und beim Aufthauen zum Zerfallen bringt. Das Zusammenwirken der reichlich vorhandenen Feuchtigkeit und des wiederholten Frostes erzielt insbesondere bei dem im Gebirge während des Sommers so häufigen Schwanken der Temperatur um den Eispunkt ausserordentliche Zerstörungen an den Wänden des Hochgebirges, deren Fuss sich mit mächtigen Schutthalden bekleidet.

Ueber die starke Verwitterung im Hochgebirge spricht sich HEIM treffend mit folgenden Worten aus: »Es giebt sehr viele Berggipfel, die so sehr verwittert sind, dass man mittelst Hebeeisen den ganzen Gipfel schleifen könnte, ohne einen zusammenhängenden Block von einem Meter Durchmesser zu finden. Mit Recht tragen viele solche Gipfel Namen wie Faulen, Faulberg, Faulhorn u. s. w.«

Das Wasser spielt ferner selbstverständlich eine sehr wichtige Rolle bei jener Verwitterung der Gesteine, welche auf chemische Veränderung zurückzuführen ist. (Vergl. den Artikel: chemische Processe in der Geologie. I. pag. 127). Manche Gesteine, wie Steinsalz, Gyps, Kalkstein, Dolomit, Siderit sind in Wasser vollkommen löslich, wenn auch theilweise nur in sehr bedeutenden Quantitäten desselben. Da jedoch das Wasser durch für unsere Begriffe unendlich lange Zeiträume einwirkt, kann es allmählich sehr bedeutende Gesteinsmassen zerstören, um so mehr, als es nie chemisch rein ist, sondern durch einen mehr oder minder reichen Gehalt an Kohlensänre in den Stand gesetzt wird, die einfach kohlensauren, unlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen in doppelt kohlensaure, lösliche umzusetzen und fortzuführen Meist ist nur ein Theil des Gesteines löslich und es bleibt ein Rückstand oder ein Umwandlungsprodukt als Resultat der Verwitterung. Bei der Verwitterung feldspathreicher Gesteine entsteht Kaolin, bei jener von Hornblende- oder Olivinfels Serpentin u. s. w. Auch die scheinbar beständigsten Silicate wie Feldspath, Glimmer, Augit, Hornblende u. s. w. werden von kohlensäurehaltigem Wasser angegriffen, welches ihren Gehalt an Eisen, Mangan, Kalkerde und Alkalien in Gestalt von kohlensauren Verbindungen entführt.

Der Pflanzenwuchs ist von grosser Bedeutung für die Verwitterung. Durch das Wachsthum der Wurzeln, welche in die feinsten Spalten der Felsen eindringen, wird eine bedeutende mechanisch zertrümmernde Gewalt ausgeübt, welche natürlich dort am mächtigsten wirkt, wo eine lückenhafte Pflanzendecke unmittelbar auf Felsgrund vorhanden ist, und die Wurzeln unmittelbar in die Ritzen und

Spalten desselben eindringen. Eine dichte Pflanzendecke, welche nicht mehr im Fels sondern in einer Erd- oder Humusdecke von grösserer Dicke wurzelt, schützt den Untergrund zwar vor der directen Einwirkung der Atmosphärilien, stets aber liefern die Pflanzen beim Absterben und Verwesen Kohlensäure, welche die chemische Thätigkeit des Sickerwassers wesentlich unterstützt. Die meisten Gesteine zeigen charakteristische Verwitterungsformen, welche durch das Gefüge und die Wetterbeständigkeit verursacht werden. Berge, welche aus krystallinischen Massengesteinen (Granit, Diorit u. s. w.) bestehen, besitzen meist runde Kuppen, weil die Verwitterung ziemlich gleichmässig nach allen Richtungen wirkt. Sind diese Gesteine jedoch von mehr oder minder regelmässigen Spalten durchzogen, sei es, dass dieselben durch Zusammenziehung beim Erstarren oder durch späteren Seitendruck entstanden sind, so zeigen sich solche Berge häufig von losen Blöcken bedeckt, die zuweilen sehr bedeutende Dimensionen erreichen können (Blockgipfel oder Felsenmeere). Die Verwitterung folgte hier den Ablösungsflächen und löste den Fels in zahlreiche lose Blöcke auf, deren Ecken und Kanten häufig stark gerundet sind. So entstanden die übereinander gethürmten wollsackähnlichen Blöcke der Granite im Riesengebirge, die übereinander gehäuften Blöcke des Plöckensteingrundes im Böhmerwald. Der Blocksberg im Harz, die Luxburg bei Alexanderbad im Fichtelgebirge, die Fibbia, der Pizzo rotondo und Pizzo lucendro in der Gotthardgruppe, das Schwarzhorn in Wallis liefern weitere Beispiele dieser Erscheinung. Massengesteine, welche von senkrechten Spalten durchzogen werden, wie dies zumal beim Porphyr häufig der Fall ist, bilden steile, oft nahezu senkrechte Wände. Als Beispiel hierfür sei die Quarzporphyrtafel von Bozen namhaft gemacht, welche von tiefen steilwandigen Thaleinschnitten durchzogen ist, in welchen man allenthalben den Einfluss der senkrechten Zerklüftung des Porphyrs auf die Gehängbildung wahrnimmt. Auch Kalk- und Dolomitmassen bilden in Folge der vertikalen Spalten, die sie durchsetzen, meist sehr steile Wände, die an ihrem Fuss von mächtigen Schutthalden umgeben sind. Mergelige Kalke, thonige Gesteine und Sandsteine zeigen hingegen meist sanftere Gehängformen und zugleich dichtere Vegetationsbekleidung. Aus dem Gesagten geht hervor, dass den Gesteinen verschiedene Grade der Steilheit der Gehänge zukommen. Die Maximalböschung, wie Heim die Grenze der Steilheit nennt, die nur ganz local, aber nie auf einer grösseren Strecke eines Gehänges überschritten werden kann, ist aber nicht blos durch die Beschaffenheit eines Gesteines, sondern auch durch die klimatischen Verhältnisse bedingt, welche ihrerseits den Verwitterungszustand bedingen. Wird die Maximalböschung an irgend einer Stelle durch Herausfallen stärker verwitterten Gesteins oder durch Auswaschnng oder durch Eingriff der Menschenhand überschritten, so stürzen die oberen Partien so lange nach, bis die den natürlichen Bedingungen entsprechende Maximalböschung wieder hergestellt ist. Es wandern dabei gleichsam die allzu steilen Partien des Gehänges nach aufwärts. Die Wiederherstellung der Maximalböschung kann aber nicht nur durch ein allmähliches Aufwärtsrücken der allzu steilen Stelle erfolgen, sondern auch durch einen plötzlichen Vorgang, durch ein Abstürzen oder Abrutschen eines grösseren Theiles des Gehänges. Immer aber erfolgt die Herstellung des Gleichgewichtes durch Nachbrechen von unten nach oben. Es muss als Grundgesetz der Abtragung bezeichnet werden, dass alle Bergkämme und Gipfel sich nur von unten hinauf zuschärfen, alle Runsen und Rinnen, sowie alle Schluchten von unten nach aufwärts steigen, und nach rückwärts und oben in's Terrain eingreifen.

In jedem kleinen Wasserriss, in welchem Regenwasser seinen Abfluss findet, wie in dem Laufe eines grossen Stromes kann man neben der nach rückwärts gekehrten Energie der Erosion ihre Abhängigkeit vom Gefälle erkennen, welches die Geschwindigkeit und hierdurch die mechanische Wirkung des fliessenden Wassers bedingt. Bereits RÜTIMEYER hat das nach rückwärts Wachsen der Thäler, sowie die Bedeutung der Erosionsbasis, welche das Gefälle bestimmt, hervorgehoben. Die Thalbildung bedingt in Folge des Rückwärtseinschneidens und der Abhängigkeit vom Gefälle die Ausbildung verschiedener Thalregionen. Bei einem grösseren, ausgebildeten Thale kann man drei Regionen unterscheiden, welche dem Oberlauf, Mittellauf und Unterlauf des thalbildenden Flusses entsprechen.

Die Region des Oberlaufes beginnt mit einem nach rückwärts sich erweiternden, mehr oder minder umfangreichen Thalkessel. Die steilen Gehänge desselben sind der Schauplatz der raschesten Zerstörung durch die Verwitterung. An ihrem Fusse häufen sich Schutthalden an, oft lösen sich grössere Massen, wenn der Böschungswinkel grösser geworden ist als die Stabilität des Gehänges gestattet, und kommen als Bergstürze oder Felsrutschungen ins Thal herab. In dem Thalkessel sammelt sich demnach nicht allein das Wasser des Gebirgsflusses, sondern auch der grösste Theil der Geschiebe, welche von demselben thalwärts transportirt werden. Der Thalkessel verschmälert sich nach vorne, er geht in eine enge, tiefe Thalfurche über (»birn« oder »trichterförmige« Grundform der Erosionsthäler), in welcher der Fluss in Folge des starken Gefälles mächtig erodirend wirkt, Stromschnellen und Wasserfälle bildet und sein Gerinne rasch vertieft. Die meisten Wildbäche der Alpen zeigen diese Verhältnisse, sie entspringen weiten Thalkesseln des Hochgebirges (»Kare« bei F. LÖWL), durchströmen dann in raschem Laufe enge und tiefe Thalschluchten (Klammen), in welchen die Erosionswirkung vorzüglich auf die Vertiefung des Thaleinschnittes hinarbeitet, und führen zumal bei den im Gebirge so häufigen Hochwässern ungeheure Gesteinsmengen in die Hauptthäler hinab (Muren, Murbrüche).

In der Region des Mittellaufes hält sich in Folge des geringeren Gefälles die abnehmende mechanische Kraft des Flusses und die Geschiebelast desselben ungefähr das Gleichgewicht. Erosion und Alluvion wechseln nach Ort und Zeit ab. Der Fluss vermag wenigstens noch bei Hochwasser die Geschiebemassen, welche er vom Oberlaufe mitbrachte, sowie die neu hinzukommenden, von den Thalwänden abgestürzte oder durch seitliche Zuflüsse in sein Bett getragenen abwärts zu führen. Die Hauptwirkung der Erosion ist im Mittellaufe nicht auf die Vertiefung, sondern auf die Verbreiterung des Thales gerichtet und zwar deshalb, weil der Fluss durch seine eigenen Ablagerungen gezwungen wird, bald nach rechts, bald nach links in Serpentinen auszuweichen, seine Ufer zu unterspülen und zum Nachrutschen zu veranlassen. Es bildet sich daher im Mittellaufe ein breiter, mit Geschieben bedeckter Thalboden. In der Region des Unterlaufes übertrifft der Absatz die Erosion, der Fluss erhöht daher seine Sohle und häuft Geschiebebänke an, welche ihn zwingen, sich zu theilen oder auch wohl seinen früheren Lauf ganz zu verlassen. Es bildet sich auf diese Weise ein flacher Schuttkegel, auf welchem der Fluss hin und her wandert, beständig seine Alluvionen vergrössernd. Im Gegensatze zum Mittellaufe findet an Stelle der Serpentinenbildung häufige Theilung des Flusses durch die von ihm selbst aufgeschütteten Kiesbänke statt. Der Absatzkegel ist um so flacher, je geringer die Grösse der Geschiebe, häufig erstreckt er sich als Delta weit in das Meer oder in einen Binnensee (vergl. I, pag. 202).

Selbstverständlich sind die drei Regionen des Ober-, Mittel- und Unterlaufes

nicht scharf von einander geschieden, sondern gehen vielmehr allmählich in einander über, wenn der Thalweg vollkommen ausgebildet ist. Man bezeichnet das Thal als unfertig, wenn die drei Thalstrecken noch Winkel bilden. F. v. Hochstetter bezeichnet den Thalweg als die Resultante zwischen dem Widerstand des Bodens und der Wirkung des Wassers und meint, dass der Thalweg erst dann fertig sei, wenn die drei Regionen desselben in eine continuirliche Curve gebracht wären, so dass auf allen Punkten die Schnelligkeit des Wassers im Gleichgewicht mit der Form und der Resistenz des Bodens stände. Es steigert sich jedoch die transportirende und erodirende Kraft der Flüsse bei Hochwasser ganz ausserordentlich, und es tritt deshalb nie ein wirklicher Stillstand der Thalbildung ein; dieselbe schreitet im Gegentheil immer vorwärts, nur rascher oder langsamer. Auch in anscheinend »fertigen Thälern« finden bei aussergewöhnlichen Hochwässern grossartige zerstörende Veränderungen des Flusslaufes statt, wobei die Thalböden theils durch Abriss und Rutschungen der Gehänge, theils durch Ablagerung von Kies und Geschieben verheert werden.

Alle Thäler schneiden nach rückwärts in das Terrain und zerlegen hierdurch ursprünglich massige Gebirge oder Plateaus in einzelne Höhenzüge, in scharfe schmale Kämme und isolirte Gipfel, welche Ruinen schliesslich auch dem Process der Abtragung anheimfallen. Die Wasserscheiden, welche die einzelnen Thäler trennen, werden dabei erniedrigt und verschoben, indem der rascher arbeitende Fluss sein Gebiet auf Kosten des schwächeren Nachbars stetig vergrössert. Die Schnelligkeit der Thalbildung aber wird ausser von der Wassermenge und dem Gefälle noch von anderen Umständen bedingt, so von dem Widerstande, welchen das wegzuschaffende Gestein der Erosion entgegensetzt und von dem Bau des Gebirges. Die Einwirkung des Letzteren darf allerdings nicht überschätzt werden, denn die meisten Thäler sind reine Erosionsthäler, welche in ihrem Verlaufe nicht durch Schichtenstörungen bedingt erscheinen. Wir müssen diessbezüglich dem Ausspruch Löwl's beipflichten, dass nur in jenen Regionen, welche erst in jüngster Zeit von einer nicht allzu energischen Faltung ergriffen wurden, der ursprüngliche Bauplan sich noch jetzt in der Anordnung der orographischen Elemente, in dem Verlaufe der Thäler und Kämme widerspiegele. Man kann die »tektonischen Thäler«, deren Bau zeigt, dass sie durch Schichtenstörungen hervorgerufen wurden, in zwei Gruppen, in Faltenthäler und Spaltenthäler theilen. Die ersteren, welche gewöhnlich als synklinale oder antiklinale Längsthäler bezeichnet werden, nennt Löwl symptygmatische und anarregmatische, da er die Termini synklinal und antiklinal unvollkommen findet. Dafür fügt er eine dritte Kategorie von Thälern hinzu, welche auf der einen Seite von einem älteren Massive, auf der anderen von gefaltetem Gebirge gebildet werden, und für welche er die Bezeichnung »heteroptygmatisch« wählt. Die Spaltenthäler, welche viel seltener auftreten als von manchen Autoren angenommen wird (nach Daubrée wären fast alle Thäler auf »Lithoklasen« zurückzuführen), theilt Löwl in kataklastische und paraklastische Thäler. Die ersteren hängen mit vertikalen, die letzteren mit horizontalen Verschiebungen zusammen. Unter »Bikataklasten« versteht Löwl Einsenkungen eines Terrainstreifens zwischen parallelen Brüchen (z. B. das Rheinthal zwischen Schwarzwald und Vogesen), es entsprechen dieselben dem, was Suess Grabensenkungen nennt.

Der Zusammenhang der Thalbildung mit Spalten im Gebirgsbau wurde früher sehr allgemein hinsichtlich der Querthäler behauptet, von welchen man annahm, dass die Flüsse zu ihren Durchbrüchen jene Stellen benützt hätten, wo das Gefüge

des Gebirges durch Querspalten zerrüttet worden sei, indess ist man in neuerer Zeit zu der Ansicht gelangt, dass auch die meisten Querthäler lediglich der Erosion ihre Entstehung verdanken und wendet die alte Spaltentheorie nur auf jene vereinzelte Fälle an, in welchen nachweislich stattgehabte Verschiebungen in vertikalem oder horizontalem Sinne mit der Thalbildung zusammenfallen. In Kettengebirgen sind eben die Bäche und Flüsse der Querthäler, welche bei kürzerem Laufe ein sehr starkes Gefälle besitzen, in der erodirenden Kraft den grösseren Flüssen der Längsthäler weit überlegen, so dass sie häufig einzelne Ketten und selbst ganze Kettengebirge zu durchschneiden und das ursprünglich vorhandene longitudinale Thalsystem gänzlich umzugestalten vermögen. Als Beispiel einer solchen Besiegung eines Längsthalflusses durch einen Querthalbach sei hier zunächst auf die durch HEIM geschilderte Entstehung der Seen des Oberengadin hingewiesen, welche dadurch bewirkt wurde, dass bei dem Kampfe des Oberlaufes des Inn und der Maira der letztere Fluss dem Inn mehrere Quellflüsse abgeschnitten hat. Der Bach des Val Marozzo, der jetzt obere Maira heisst, ist ein Zweig des eigentlichen Inn, die Albignaquelle ein zweiter, dazwischen hoch über dem jetzigen Vicosoprano, hoch über dem Bergell waren wohl noch andere, und dort etwa muss die obere Grenzwasserscheide des Engadins einst als ein Bergkamm quer über das jetzige Val Bregaglia gestanden haben. Zwei Flusssysteme haben sich hier den Boden streitig gemacht. Der Bregagliafluss ist Sieger geworden, er hat sich rückwärts, d. h. gegen Nordosten immer weiter mit seinen Schluchten einschneidend ein Thal gehöhlt, das endlich die alte obere Engadinwasserscheide ganz schleifte und östlich zurückdrängte bis gegen die Maloja. Er ist schliesslich dem Inn selbst schief in die Seite gefallen, hat ihn durch eine immer tiefer werdende Schlucht durchschnitten und den oberen Innlauf mit dessen Nebenflüssen in sich selbst aufgenommen. Zwei Thalsysteme haben sich hier in ihrem oberen Lauf durchschnitten; die Maira des Bergell hat dem Engadin seinen oberen Theil amputirt und ins Bergell abgelenkt. Darum beginnt das Engadin an der Maloja gleich als ein breites Thal, wie es dem Mittellaufe eines Thales entsprechen würde, ohne einen Hauptfluss zu haben. Dass in dem Streit der beiden Stromgebiete die Maira den Inn so gründlich besiegt hat, kann uns nicht wundern, sobald wir bedenken, dass die Maira dem steileren Abfall der Alpen angehört und schon auf ihrem kurzen Laufe bis Chiavenna soviel fällt, wie der Inn erst auf einem wohl zehnmal so langen Lauf. Dem grösseren Gefälle entspricht die grössere Ausspülungskraft. Der Sieg der Maira über den Inn brachte der ersteren neue Wasserkraft zur Thalbildung, verminderte aber dieselbe für das Engadin.

Die geringe Wassermasse des Oberengadin hat nicht mehr Stosskraft genug, mit dem Wasser auch die Geschiebe der Nebenflüsse aufzunehmen und weiter thalauswärts zu schleifen, wie früher, geschweige den Thalboden noch weiter auszuspülen: die Thalbildung ist zum Stillstand gekommen. Die Seitenbäche liessen seither stets ihre Geschiebe da fallen, wo sie ins Hauptthal münden, flache Schuttkegel häuften sich an und wuchsen immer weiter ins Hauptthal hinaus, bis sie endlich den armen schwachen Inn, der das Geschiebe nicht weiter zu spülen vermochte, in seinem eigenen alten Thalboden zurück stauten, bis sie ihn zwangen, Seen zu bilden. Das obere Engadin ist auf diese Art gänzlich umgestaltet worden — es kann jedoch durch seitliche Anzapfung eines Flusssystemes dasselbe noch weiter verändert werden, es kann ein älteres Thal von mehreren ihm seitlich in die Flanke fallenden durchschnitten und verschiedenen Flussgebieten dienstbar gemacht werden. So ist es dem alten Tauernfluss ergangen,

welcher, wie Löwl gezeigt hat, wahrscheinlich zur Tertiärzeit aus dem Pinzgau durch den Pongau und das Gebiet von Wagrein in das jetzige obere Ennsthal sich ergoss, aus diesem aber durch die breite Rottenmanner Längsfurche, durch das heutige Palten- und Liesingthal dem Murgebiete zuströmte. Später floss der Quellfluss des Pinzgau durch das Querthal bei Zell am See in das Saalachthal, während die obere Enns von Admont aus den Buchauer Sattel und das Thal von St. Gallen benutzte, um ihr nördliches Querthal zu erreichen. Noch jüngeren Ursprunges sind die Thalstrecke der Salzach zwischen Taxenbach und Schwarzach, welche an Stelle der früheren Wasserscheide zwischen Pinzgau und Pongau eingeschnitten wurde und sich durch grossartige Bergrutschungen (die Eschenauer- und Trattenbacher- »Plaike« am linken, die Embacher- und Pfarrwald- »Plaike« am rechten Salzachufer) als »unfertig« manifestirt, sowie die grossartigen Kalk- und Dolomit- Felsengen des »Gesäuses« zwischen Admont und Hipflau, welch' letztere einen verhältmässig jungen Durchbruch der Enns darstellen. Der niedrige Sattel von Wald, welcher die Wasserscheide zwischen dem Palten und Liesingbach bildet, ist erst dann gebildet worden, als das Gebiet des alten Tauernthales durch die seitliche Anzapfung in einzelne Stämme zerlegt worden war und vom Oberlauf der Enns her der Paltenbach sich allmählich in entgegengesetzter Richtung einschnitt. Wir sehen hier den Fall, dass in Folge der Zerlegung eines alten Längsthales durch tiefer einschneidende Querthäler ein dem früheren geradezu entgegengesetztes Abfliessen des Wassers eintreten kann. Derartige Verhältnisse zwingen zur Annahme der Entstehung der Querthäler durch die raschere Erosionsarbeit ihrer Bäche, welche eln viel stärkeres Gefälle besitzen, als die Flüsse der Longitudinalthäler. Es wurde jedoch von Powell, Medlicott und Tietze eine andere Theorie der Querthalbildung vertreten, welche mit der oben erörterten nur das gemein hat, dass sie die Bedeutung der Spalten für die Thalbildung leugnet oder doch sehr einschränkt. Nach dieser insbesondere durch Tietze ausführlich erörterten Meinung wären die betreffenden Flussläufe einfach älter als die durchbrochenen Kettengebirge und blieben desshalb bestehen, weil die Erosion schneller zu arbeiten vermochte als die Gebirgsbildung. So erklärte Powell den Ausbruch der Uintah-Mountains durch den Green-River dadurch, dass letzterer schon lange dem Colorado zufloss, ehe das Gebirge aufgestaut wurde. Letzteres erfolgte so langsam, dass der Green-River sein Niveau beizubehalten vermochte, indem er sich immer tiefer in das sich erhebende Gebirge einschnitt. Nach Powell liesse sich jeder Fluss, welcher ein Faltensystem durchbricht, mit einer Säge vergleichen, welche, ohne selbst von der Stelle zu rücken, einen gegen sie herangeschobenen Block entzweischneidet. Tietze, der unabhängig von Powell ähnliche Ansichten über die Bildung der Querthäler begründete, führte zahlreiche Beispiele aus den Karpathen, dem Alburs und dem Himalaia an, in welchen von alten Festländern ausgehende Flüsse, jüngere, höher aufragende Gebirgssysteme durchschneiden. So entspringen der Dunajez und Poprad, die Moldawa, der Czeremosz und andere Karpathenflüsse auf alten Festlandskernen und durchschneiden in ihrem Mittellauf jüngere Faltensysteme von bedeutender Erhebung. Auch der Kisil-Usen sammelt, bevor er als Sefidrud den Alburs durchbricht, seine Quellflüsse in einem Gebiete, welches vornehmlich aus Granit und anderen altkrystallinischen Felsarten besteht, die dem eigentlichen Alburs fehlen. Ein altes Festland ist auch das Gebiet im Norden des oberen Indus, welches wahrscheinlich den Einwirkungen der Atmosphäre seit dem Ende der Triasperiode ausgesetzt war, während die vorliegende Himalaia-Region erst im Laufe der Tertiärforma-

tion allmählich über dem Meer emporstieg, so dass der Indus in das zum Theil flache, zum Theil hügelige Vorland des alten Continentes einschneiden und diesen Einschnitt vertiefen konnte, während die Faltung und Aufthürmung des Himalaia bis zur heutigen Höhe vor sich ging. Gegen diese durch POWELL, MEDLICOTT und TIETZE vertretene Ansicht von der Durchsägung der Kettengebirge während ihrer Aufrichtung äussert LÖWL gewichtige Bedenken. Er meint, dass der Zusammenschub eines Kettengebirges jedenfalls durch die Wölbung einer Hauptfalte von sehr grosser Amplitude eingeleitet werde. Wenn aber eine solche allmählich emporsteigende Falte einen alten Flusslauf durchsetze, so werde sie ihn entweder zu einem See anspannen oder doch wenigstens durch die Verminderung des Gefälles zur Ablagerung der Geschiebe und zur Erhöhung der Thalsohle zwingen. Die Erosion werde daher schon beim ersten Beginn der Gebirgsbildung lahm gelegt. LÖWL stützt diese Ansicht durch Anführung einer Anzahl von Beispielen, in welchen die durch TIETZE vertretene Theorie nicht ausreicht, um die Flussdurchbrüche zu erklären. Der Durchbruch der Donau zwischen Bazias und Kladowa, der Durchbruch des Rheins zwischen Bingen und Bonn, die Querthäler des Potomac, Susquehanna und Delaware in den Appalachian Mountains, der Iskerdurchbruch im Balkan lassen sich nicht als während ihrer Erhebung durchsägte Schwellen erklären. Wir müssen zugeben, dass die oben erörterten Veränderungen der Thalgebiete durch die Kämpfe, welche die Flüsse führen, um ihr Gebiet zu erweitern, und die in ihren Erfolgen wesentlich vom Gefälle abhängen, in den meisten Fällen die Erklärung der Querthalbildung liefern, ohne jedoch deshalb die TIETZE'sche Theorie gänzlich von der Hand zu weisen, welche vielmehr in manchen Fällen zur Erklärung von Flussdurchbrüchen durch Kettengebirge heranzuziehen sein wird. Im Allgemeinen aber wird freilich die LÖWL'sche Erklärung der Querthalbildung, sowie die von ihm entwickelte Ansicht über das Alter der Längsthäler und Querthäler in gefalteten Gebirgen Geltung besitzen, nach welcher die geschlossenen Längsthäler älter, die durchbrechenden Querthäler jünger sind. Wurde durch den Zusammenschub paralleler Falten ein Kettengebirge emporgethürmt, sagt LÖWL, so folgte die Erosion zunächst den im Gebirgsbaue gegebenen Längsfurchen, begann aber zu gleicher Zeit auch, in die Abhänge der Falten ihre gewöhnlichen Rinnen einzuschneiden. Die Bedingungen unter denen sie hier und dort wirkte, waren vom Anfange an grundverschieden, denn im Streichen ist das Gefäll naturgemäss geringer als in der Richtung des Schichtenfalles. Die Aushöhlung der Querthäler musste daher weit rascher vor sich gehen als die der grossen Längenthäler und schliesslich sogar die Unterbrechung und Ablenkung der letzteren herbeiführen. In Faltensystemen von hohem Alter wurde die ursprüngliche Anordnung der longitudinalen Rinnen, die in der Regel mit wichtigen architektonischen Linien zusammenfallen, durch das Ueberhandnehmen der transversalen Erosionsfurchen oft bis zur Unkenntlichkeit verwischt. Die unmittelbare Folge davon ist, dass auch die Abhängigkeit des Reliefs von der Struktur allmählich gelockert und endlich ganz aufgehoben wird. In geschlossenen Längenthälern verräth sich die Jugend eines Gebirges: »die Querthäler sind Züge des Alters.«

Sehen wir bei dem Verhältniss der Quer- und Längsthäler im gefalteten Gebirge den hervorragenden Einfluss des Gefälles auf die Erosion, so erkennen wir denselben auch in der Asymmetrie parallel laufender Thäler, wie dies von HILBER ausführlich gezeigt wurde. Das Gefälle jedes Flusses hängt von einer Erosionsbasis ab, sei dieselbe ein Thalriegel aus hartem Gestein, oder das Niveau

der Mündung in einen Hauptfluss, einen Binnensee oder das Meer. Die verschiedene Lage der Erosionsbasis bedingt für parallel laufende Flüsse ein Voraneilen oder Zurückbleiben in der Vertiefung des Bettes und hiermit auch eine ungleiche Abtragung des trennenden Rückens. Der rascher erodirende Fluss legt für das ihm zugekehrte Gehäng die Erosionsbasis tiefer, die Abtragung schreitet schneller vor und der Kamm wird zurückgedrängt gegen den Lauf des in der Erosion zurückbleibenden Flusses. Münden parallel laufende Seitenflüsse in einen Hauptfluss mit stärkerem Gefälle, so hat jeder derselben eine um so tiefere Mündung, je weiter dieselbe flussabwärts im Sinne des Hauptstromes gelegen ist. Die Rücken, welche die Seitenflüsse trennen, werden daher im Allgemeinen asymmetrisch und zwar in dem Sinne sein, dass ihre Kämme näher dem Laufe der höher einmündenden Seitenflüsse liegen. Es können jedoch, wie HILBER ausführlich erörtert hat, scheinbare Ausnahmen von dieser Regel eintreten, wenn die parallelen Seitenbäche dem Hauptfluss unter sehr spitzen Winkeln zustreben, oder wenn der Hauptfluss starke Krümmungen macht. Wirkliche Ausnahmen können hingegen durch verschiedene Wassermengen, durch verschiedene Widerstandsfähigkeit der Thalwandgesteine, sowie durch die Tektonik bedingt werden. HILBER hat ferner gezeigt, dass die mit der seitlichen Lage der Wasserscheiden zusammenhängende Asymmetrie der Rücken nicht immer mit jener der Thäler vorkommt, ebensowenig wie die Thalasymmetrie mit jener der Rücken. Wenn zwischen zwei gleich tiefen Thalfurchen ein höheres oder tieferes Thal liegt, so ist bei sonst gleichen Faktoren dieses mittlere Thal symmetrisch, seine beiden Grenzrücken aber sind asymmetrisch; die Wasserscheide liegt, je nachdem das mittlere Thal höher oder tiefer ist als seine Nachbarn, näher dem mittleren Thale oder näher den beiden äusseren Thälern. Ein symmetrischer Rücken zwischen unsymmetrischen Thälern kann hingegen entstehen, wenn diese Thäler zwar gleich tief sind, aber nach aussen je ein höheres oder tieferes Thal zum Nachbar haben. —

Neben dem Gefälle und der Wassermenge ist selbstverständlich auch die Widerstandsfähigkeit der Gesteine von grossem Einflusse auf die Thalbildung.

Die Gesteine setzen der Erosion je nach ihrem petrographischen Bestand, ihrer Zusammensetzung aus verschiedenen Mineralen und ihrer Structur wie nach ihrer Lagerung ebenso verschiedenen Widerstand entgegen, wie der Verwitterung und verursachen hierdurch manche eigenthümliche Erscheinungen der Thalbildung. Liegen weiche und harte Gesteinsschichten alternirend übereinander, so findet die Erosion bald leichteres bald schwereres Spiel; ihr Resultat wird ein Terrassenbau sein, der um so deutlicher hervortreten wird, je mehr die Schichtlage der horizontalen sich nähert. Ein sehr schönes Beispiel dieses Terrassenbaues liefert das Haselthal im nördlichen Wasgau. Hier ist dem Rothliegenden eine mächtige Porphyrtafel eingeschaltet, deren Rand an den Abhängen des Gebirges gleich einer Isohypse fortläuft und in der Tiefe jedes einzelnen Thälchens als ein steiler Absturz, als eine prägnante Stufe zu Tage tritt. Da in der Thalsohle selbst die unablässig wirkende Kraft der Erosion schliesslich jedes Hinderniss bewältigen und in ihrem Streben, den Thalweg in eine einheitliche Curve zu bringen, jeden Riegel durchsägen wird, kann häufig der Fall eintreten, dass in einem Hauptthal die Stufe hinweggeschafft worden ist, während an den Thalwänden, sowie in den jüngeren, unfertigen Querthälern der Stufenbau, welcher in der ungleichen Einwirkung der zerstörenden Kräfte auf die weichen und harten

Schichten begründet ist, noch klar hervortritt. Als Beispiel hierfür nennt Löwl die rechte Wand des Sosauthales, welche bei Kaaden in die Nordabdachung des Duppauer Mittelgebirges einschneidet. Die basaltischen Decken des Burberges bilden daselbst wandartige Absätze, während die zwischen geschalteten Tufflagen Böschungswinkel von etwa 30° aufweisen. Die grossartigsten Terrassenbildungen zeigen die Thalwände der Cañons im nordamerikanischen Plateaugebiete westlich von den Rocky Mountains. Auf dem Colorado-Plateau bedingen eigenartige klimatische Verhältnisse besondere Erosionserscheinungen, von welchen unten gehandelt werden soll. Die Terrassirung der Lösswände, welche v. Richthofen im Innern China's in so ausgedehnter Weise beobachtete, beruht auf den Lagen von harten Mergelknauern, welche zwischen den Lössbänken auftreten und der Zerstörung viel grösseren Widerstand entgegensetzen.

Bei geneigter Lage der abwechselnd härteren und weicheren Schichten macht sich der Einfluss verschiedener Widerstandsfähigkeit derselben auf die Gestaltung der Thäler in verschiedener Weise bemerkbar, je nachdem diese dem Streichen der Schichten folgen oder dasselbe kreuzen. Im ersteren Falle zeigt sich der Einfluss des Gesteinswiderstandes in der Böschung der Seitenwände. Die isoklinalen Erosionsfurchen folgen dem Abfalle der härteren Bänke, welche sanft geneigte Gehänge darstellen, während anderseits die weicheren Schichten rascher angegriffen werden und in steilen Böschungen nachbrechen. So verhalten sich nach Powell die longitudinalen Erosionsfurchen an den west-östlich streichenden Uinta-Mountains, indem die sanften südlichen Gehänge dieser Thäler mit den Schichtflächen der schwer zerstörbaren Gebirgsglieder zusammenfallen, während an den steilen Wänden der Nordseite unter der schützenden Decke der nächsten harten Bank die Schichtenköpfe der weichen Gesteine zu Tage treten.

Kreuzen die Thalfurchen das Streichen verschieden fester Gesteinsschichten, so findet die Erosion in verschiedenen Strecken verschiedenen Widerstand. Das Durchsetzen härterer, widerstandsfähiger Schichtencomplexe, welche die Erosion der dahinter liegenden Thalstrecke naturgemäss verzögern müsssen, bedingt das Entstehen von Thalstufen. Löwl, welcher gezeigt hat, dass in anderen Fällen, trotz der vorhandenen ein Thal quer durchsetzenden härteren Schichtcomplexe eine Thalstufe fehlt, sowie dass zuweilen gerade in weicherem Gesteine Thalstufen vorhanden sind, führt nachstehende Beispiele an, in welchen Thalstufen durch querstreichende »Riegel« verursacht werden: Die ungeheure Stufe, über welche die Krimmler Ache in den drei berühmten Fällen in's Krimmler Becken hinabstürzt, unterbricht den oberhalb dieser Wasserfälle kaum merklich geneigten Verlauf der Thalsohle gerade an jener Stelle, wo der Gneiss des Venedigerstockes vom Thonschiefer überlagert wird. Auch im Stubachthale ist die Grenze zwischen Gneiss und Schiefer durch ansehnliche Stufen markirt. Nirgends aber, sagt Löwl, sind solche Thalstaffeln, für welche er wegen ihrer Abhängigkeit vom Gebirgsbau die Bezeichnung »tektonische Stufen« vorschlägt, schärfer ausgeprägt als an den Rändern der Tonalitmasse des Adamello. Dieser gewaltige Eruptionsstock wird rings von steil aufgerichteten palaeolithischen Schiefern, vom Rothliegenden und von triasischen Ablagerungen mantelförmig umhüllt. Wo die radial ausstrahlenden Thäler aus dem massigen härteren Tonalit in die leicht zerstörbare Randzone übertreten, brechen ihre Sohlen plötzlich in jähen Stufen ab. Der Oberlauf des Chiese (Val di Fumo) und die westlichen Verzweigungen des Sarcathales zwischen Pincolo und Tione liefern die schönsten Beispiele. Da jedoch, wie bereits erwähnt, die an einem Thalstaffel in

Folge des grossen Gefälles stetig fortarbeitende Erosion schliesslich jeder Riegel durchbrochen wird, ist es erklärlich, wenn in den meisten Fällen der Uebertritt eines Thales aus härteren in weichere Gesteine nicht mit einer entsprechenden Stufe zusammenfällt. Löwl zählt zahlreiche Beispiele von Alpenthälern auf, welche in einer und derselben Gesteinsart Thalstufen besitzen, sowie von solchen, bei welchen der Uebertritt von härterem in weicheres Gestein nicht mit dem Entstehen von Thalstufen verknüpft ist. Beide Erscheinungen lassen sich in ausgezeichneter Weise an dem Gasteiner Thale beobachten, welches in der Region des Gneisses »ganz unmotivirten« Terrassenbau aufweisst, während der Uebergang aus dem Gneiss in die Schieferhülle orographisch nicht einmal angedeutet ist.

Nicht selten zeigen sich Stufen gerade dort, wo ein Thal weichere Gesteine durchschneidet. Diese auffallende Erscheinung ist nach Löwl dadurch zu erklären, dass in den weniger festen Thalwänden sich leicht Bergstürze von grösserer Ausdehnung bilden konnten, durch welche die obere Thalstrecke der Erosion entrückt wurde, während die Erhöhung des Gefälles auf der unteren Strecke eine raschere Aushöhlung derselben bewirkte. Hierdurch entstanden zunächst Dammstufen, welche jedoch nach Entfernung des herabgestürzten Materials sich auch im anstehenden Gestein noch zeigen müssen, wenn die Erosion noch nicht Zeit gehabt hat, diese Stufen zu durchsägen. Das ist nach Löwl die Entstehung des »Grawander Schinder«, einer gegen 300 Meter hohen Stufe in dem seiner landschaftlichen Schönheit wegen berühmten Schwarzensteingrunde der Zillerthaler Alpen, sowie einer analogen Stufe in dem benachbarten Schlegeisengrund.

Aehnlich wie Bergstürze und Rutschungen können auch allzugrosse, von seitlichen Einflüssen ins Hauptthal getragene Geschiebemassen das Entstehen von Thalstufen verursachen, welche jedoch stets nur vorübergehende Phasen in der Entwicklung eines Thales darstellen und dasselbe als »unfertig« kennzeichnen.

Besondere Erosionsformen erzeugen die leicht löslichen und häufig von Klüften durchzogenen, zur Höhlenbildung und zur subterranen Erosion geneigten Kalksteine sowie der Löss, welcher nach den Beobachtungen Richthofen's gleichfalls eine Art unterirdischer Erosion aufweist. In relativ jungen Kalkgebirgen, deren Erosion noch nicht bis zur Ausbildung gewöhnlicher offener Thäler vorgeschritten ist, oder in welchen die Thalbildung durch wiederholte Faltungsvorgänge unterbrochen wurde (letzteres ist nach Mojsisovics die Grundursache der eigenthümlichen Erosionsverhältnisse der Karst-Territorien), dringt das Wasser statt oberflächlich abzufliessen auf den zahlreich vorhandenen, insbesondere durch Diclocationen verursachten Klüften und Spalten in die Tiefe. Auf diesem Wege laugt es Grotten und ganze Höhlungssysteme aus, durch welche grössere und kleinere Bäche und Flüsse ihren Weg nehmen. Durch successives Nachfallen der Decke erweitern sich die Höhlen, bis endlich die ganze Decke einer kürzeren oder längeren Strecke einstürzt und der früher unterirdische Flusslauf zum oberirdischen, das Grottensystem zum offenen Thale wird. Die Rekka zeigt längs ihres Laufes sämmtliche Phasen der »subterranen Erosion.« In ihrem Oberlaufe durchzieht die Rekka ein vollkommen ausgebildetes offenes Thal, um hierauf in einem Stollen die schmale Felsleiste zu durchbrechen, auf welcher Kanzian liegt. Westlich von dieser Ortschaft wurde der Canal des Flusses durch den Einsturz des Rekka-Kessels nochmals auf eine kurze Strecke des Gewölbes beraubt. Hier tritt die Rekka das letzte Mal zu Tage, um von hier aus ihren Lauf unterirdisch fortzusetzen. Es deuten jedoch die Dolinen bei Kanzian darauf hin, dass sich

auch hier schon der Einsturz der Decke und mit ihm die Entwicklung des Stollens zu einem offenen Thale vorzubereiten beginnt.

Tietze hat gezeigt, dass auf diese Weise durch allmähliche, auf Spalten vordringende unterirdische Erosion und endliche Umwandlung der hierdurch gebildeten Höhlensysteme in offene Thäler durch Nachbrechen der Gewölbe sich leicht Querthäler im Kalkgebirge bilden können, deren anderweitige Erklärung schwierig wäre.

Eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der Erosion in Karstgebieten zeigt die Ausbildung der Schluchtensysteme in Lösslandschaften. Der Löss lässt in Folge seiner Capillarstructur und seiner senkrechten Absonderung das Regenwasser nicht oberflächlich abfliessen, sondern allenthalben in die Tiefe dringen, und verursacht daselbst eine eigenartige unterirdische Erosion, welche v. Richthofen in den ausgedehnten Lösslandschaften China's eingehend zu studiren Gelegenheit hatte. Wandert man auf dem in der Regel durch eine Lage von Mergelknauern gebildeten Grunde einer Lössschlucht fort, so bemerkt man zuweilen am Fusse der senkrecht abfallenden Seitenwände Höhlen, welche nach einigen Schritten in einen Schacht ausmünden, der durch die ganze Lössbank bis zur Oberfläche emporreicht. Am oberen Ende der Schluchten kehrt gewöhnlich dieselbe Erscheinung wieder. Im Niveau der Sohle, am Fusse der halbcylindrischen Rückwand öffnet sich die Höhle und einige Meter dahinter der Schacht oder »Lössbrunnen,« der durch die Höhle mit der Schlucht in Verbindung steht. Er wurde nach Richthofen auf analoge Weise gebildet wie eine Dolline. Das Wasser dringt bis auf die Lage der Mergelknauern hinab, fliesst auf dieser undurchlässigen Schicht ab und beginnt so die hängende Lössbank zu unterwühlen. Es entsteht ein Gewölbe, welches durch das Abbröckeln und Nachstürzen der Decke allmählich an Höhe zunimmt und endlich als Lössbrunnen die Oberfläche erreicht.

Zumeist den harten, widerstandsfähigen Gesteinen eigenthümliche Erosionsformen sind die Strudellöcher, Erosionskessel oder Riesentöpfe. Sie entstehen an Sturzbächen, Wasserfällen oder Stromschnellen durch kreisende Bewegung grösserer Felsblöcke, welche zu Reibsteinen gerundet werden, während sie wie ein Erdbohrer auf den Untergrund wirken und tiefe, brunnenartige Höhlungen eingraben. In Skandinavien und Finnland finden sich solche Erosionskessel häufig, insbesondere in hartem Gneiss und Granit. Man nennt sie Riesenkessel oder Riesentöpfe, weil die Volkssage sie durch Arbeit der Riesen entstehen liess. Meist findet man in den Höhlungen noch die rund abgeschliffenen Steine, durch deren wirbelnde Bewegung die Aushöhlung erfolgte. Im trockenen Sommer des Jahres 1857 konnten zahlreiche cylindrische Strudellöcher an den Felsplatten des Rheinfalles bei Schaffhausen bemerkt werden und im »Gletschergarten« von Luzern wurden sehr instructive Erosionskessel sammt den zugehörigen Reibsteinen blossgelegt. Einen Fall von sehr rascher Strudellochbildung, dessen Schauplatz der Hagneckkanal war, welcher einen Theil der Aar in den Bielersee leitet, hat Baltzer geschildert. Die sehr verschiedene Gestalt und Grösse (von mehreren Centim. bis zu 1·5 Meter) aufweisenden Strudellöcher haben sich hier binnen einigen Jahren im Molasse-Sandstein gebildet, während die vom Canal gleichfalls durchschnittenen Mergel eine ähnliche Erscheinung nicht aufweisen, da sie zu weich waren und weggewaschen wurden. In allen Löchern fanden sich Rollsteine (Aargerölle, Jurakalk von der Uferversicherung herrührend) sowie Sand, die vom strudelnden Wasser getrieben die Aushöhlung bewirkten. Bemerkenswerth ist hier, dass die Strudellöcher durch fliessendes Wasser ausgehölt wurden, während man gewöhn-

lich annimmt, dass der Fall über eine Felswand oder über eine mächtige Eismasse nothwendig ist, um Erosionskessel zu erzeugen. Auch die als »Oefen« bezeichneten cylindrischen oder kesselartigen Felsaushöhlungen im grossen Maassstabe, wie sie z. B. die Salzach bei Golling gebildet hat, sind hier zu nennen.

E. F. Geinitz hat in letzter Zeit für die Aushöhlung durch strudelndes Wasser eine besondere Bezeichnung gegeben: Evorsion (von vortex: Strudel) im Gegensatz zu der durch fliessendes Wasser bewirkten Erosion. Geinitz schreibt der Evorsion grosse Bedeutung in Beziehung auf die Aushöhlung von beckenartigen Vertiefungen und speciell in Beziehnung auf die Bildung der Seen der mecklenburgischen Seenplatte zu, indem er die von Vielen für die norddeutschen Seen in Anspruch genommene Entstehung durch Gletschererosion bestreitet, hingegen der durch G. Berendt zuerst ausgesprochenen Ansicht beipflichtet, dass die Seen, Sölle und Rinnen des norddeutschen Diluviums grossentheils Produkte der Erosion durch die Schmelzwasser der jungdiluvialen »Abschmelzperiode« seien. Der Thätigkeit der Abschmelzwasser verdanken nach Geinitz sowohl die breiten, meist von tiefen Alluvialmassen erfüllten Flussthäler und viele der Seen, welche Ueberreste solcher Ströme sind, als auch die isolirten, oder durch späteren unverhältnissmässig kleinen Abfluss entwässerten Seen, Teiche, Sümpfe, Torfmoore, Kessel und Sölle in dem Diluvialgebiet Norddeutschlands ihren Ursprung. Die Sölle, welche als eine für ganz Norddeutschland charakteristische Oberflächenerscheinung besonders im Gebiete des sogen. oberen Geschiebemergels, der Grundmoräne des sich zurückziehenden Gletschers in grösster Menge auftreten, sind meist kleine, kreisrunde, trichterförmige und verschieden (oft bis 10 Meter) tiefe Löcher mit steilen Rändern, die cisternenartig meist das ganze Jahr über bis an den Rand mit Wasser gefüllt sind, aber keinen natürlichen Oberflächen-Zu- und Abfluss besitzen. Die Sölle, in manchen Gegenden auch Pfuhle, Pföhle genannt, sind analog den Riesentöpfen Strudellöcher, welche das Schmelzwasser des Gletschers in dem Untergruude aufwühlte, theils noch unter dem Gletscher durch »Gletschermühlen«, durch das Wasser, welches von der Oberfläche des Eises in Spalten herabstürzte, theils auf dem vom Eise eben befreiten Boden durch strudelnde Wässer der »Abschmelzstromschnellen«. Zwischen den Söllen, Rinnen und Seen aber waltet, wie schon Berendt erkannt und Klockmann mit den Worten ausgedrückt hat, »Sölle, Rinnen und Seen sind nur dem Grade nach unterschieden« keine Verschiedenheit hinsichtlich der Bildung ob, sie verdanken dieselbe insgesammt der Aushöhlung durch die Schmelzwässer.

Dies führt uns zur Erörterung der Bedeutung, welche die klimatischen Verhältnisse für die geologische Thätigkeit des Wassers besitzen. Dass diese Verhältnisse für die Erosion überaus wichtig sind, erhellt schon daraus, dass ohne Begünstigung durch dieselben die Erosion überhaupt gar nicht oder nur in untergeordneter Weise zur Geltung kommen kann. Regenlose Gebiete werden zu Wüsten, in welchen nicht das Wasser sondern die bewegte Luft das wichtigste geologische Agens bildet. Das Maass der Erosion wird durch die Menge und Art der Niederschläge bestimmt. Da diese häufig in benachbarten Gebieten verschieden sind, darf es nicht wundern, wenn dem entsprechend auch die Erosion in diesen Gebieten verschiedene Verhältnisse zeigt. »Nichts vermag die Wirkung der Erosion so drastisch zu veranschaulichen, — sagt Löwl — wie der Gegensatz zwischen den Reliefformen benachbarter und ganz gleichartig gebauter Regionen, von denen die eine viel Wasserdampf condensirt, während die andere ausgiebiger Niederschläge entbehrt. Eine solche Regenvertheilung tritt bekannt-

lich überall ein, wo ansehnliche Gebirgsketten feuchten Luftströmungen im Wege stehen. Die Wetterseite erfreut sich reichlicher Niederschläge, die dem Winde abgewandte, die Leeseite hingegen leidet nicht selten unter der entsetzlichsten Trockenheit und kann sogar, wie der wüste peruanische Küstenstrich verdammt sein, im Angesichte des Weltmeeres zu verschmachten. Je höher und geschlossener die Gebirge sind, desto erheblicher wird die Differenz, welche sie in der Vertheilung des Regens bewirken, desto schärfer daher auch der orologische Gegensatz zwischen ihren beiden Abdachungen. Der vielzackige Himalaiawall stellt eine solche Grenzscheide dar. Dadurch, dass er seit seiner Aufthürmung die dahinter liegenden Gebiete den Einflüssen des regenbringenden Sommermonsuns entzog, rief er im Laufe der jüngsten Periode der Erdgeschichte jenen durchgreifenden Contrast zwischen der Himalaia- und der tibetanischen Region hervor, der von allen Reisenden so nachdrücklich betont wird. Die Regenseite des Gebirges zeigt überall eine alpine Scenerie: schroffe Spitzen und Kämme, Firnfelder und Gletscher, tief eingerissene Thäler und steile Gehänge mit kräftigem Waldbestand. Jenseits der Wasserscheide aber macht das formenreiche Relief des Hochgebirges eintönigen Flächen Platz, aus denen nur hie und da der First einer unter mächtigen Schuttmassen begrabenen Bergkette hervorragt. Der Detritus konnte eben in Folge des Mangels an Niederschlägen nicht fortgeschafft werden, und füllte im Verein mit anderen subaërischen Bildungen, namentlich mit Löss, das ungeheure Becken am Nordfuss des Himalaia allmählich aus. »Es scheint, als hätten wir hier einen rohen Block vor uns, — bemerkt SHAW in seinen Visits to High-Tartary — aus dem die Natur die gewöhnlichen Formen der Gebirgslandschaft auszumeisseln vermöchte, wenn sie durch einen Klimawechsel Schnee, Eis und Wasser hinzuführte, um die Massen von Erde und Kies hinwegzuschwemmen, durch welche jetzt die Bergketten zusammengekittet sind. Der fast gänzliche Mangel an Regen leitet zu der Vermuthung, dass das Eintreten desselben ein Mittel wäre, um das Land seinem Nachbargebiete ähnlich zu machen, wo starke Regengüsse und tief eingeschnittene Schluchten zusammen bestehen.« —

Die tiefen und langen, steilwandigen Erosionsschluchten, welche als »Cañons« die 2000 bis 3000 Meter über dem Meere gelegenen Hochebenen Californiens und Neu-Mexiko's durchziehen, verdanken ihre eigenartige Gestaltung besonderen klimatischen Verhältnissen, nicht, wie früher angenommen wurde, der horizontalen Lage der Schichten. Es ist hier der ungewöhnliche Fall gegeben, dass von einem an Niederschlägen reichen Hochgebirge Flüsse durch ein Plateau ihren Weg nehmen, welches an Niederschlägen sehr arm ist. Die Trockenheit und spärliche Vegetation der Hochebene hindern die Verwitterung, während die Erosion in den Schluchten rasch einschneidet, begünstigt durch die bedeutenden Wassermengen, welche die grösseren Zuflüsse aus dem Hochgebirge liefern und durch das starke Gefälle, welches durch die hohe Lage des Plateaus verursacht wird. Es ist daher in den Cañons die Erosion allein thätig und der eigenthümliche Charakter dieser Schluchten, welcher wesentlich in der Steilwandigkeit ihrer 1000 bis 2000 Meter Höhe erreichenden Thalwände besteht, beruht auf dem Fehlen der Verwitterung, der Rutschungen und Einstürze, welche durch die Trockenheit des Klimas verhindert werden. Der meist horizontalen Lage der Schichten, welche von POWELL als Hauptgrund für die Erklärung der Cañonbildung angezogen wurde, darf, wie LÖWL mit Recht betont, nur eine untergeordnete Bedeutung beigemessen werden, da die Cañons theilweise auch in gegestörtes Terrain eingeschnitten sind, ohne ihren Charakter zu ändern.

Es mag an dieser Stelle auch daran erinnert werden, dass, sowie die Vegetation von den klimatischen Verhältnissen abhängig ist, die letzteren, sowie durch sie auch die Erosion der Flüsse durch grössere Veränderungen in der Vegetation stark beeinflusst werden können. Ausgedehnte Verwüstungen der Vegetationsdecke, wie sie durch schonungslose Ausnützung des Waldes erfolgen und Vernachlässigung des Wiederersatzes durch Neu-Aufforstung verändern die Niederschläge und Wasserläufe in ausgedehnter Weise. Stark bewaldete Gebirge werden sich häufiger Niederschläge zu erfreuen haben, weil der Wald das Wasser wie ein Schwamm aufnimmt und zum grossen Theil wieder verdunsten lässt. Die Flüsse eines stark bewaldeten Gebietes werden daher geringen Schwankungen in ihrer Wassermenge ausgesetzt sein, welchen die Gestaltung ihres Bettes leicht zu entsprechen vermag. Entwaldete Gebiete sind weniger reich an Niederschlägen, diese werden aber von der kümmerlichen Vegetationsdecke nicht aufgesogen; ein geringerer Theil des Wassers verdunstet und grössere Wassermassen stürzen zeitweilig durch sonst trocken liegende oder wasserarme Rinnen thalwärts. Damit ist stets eine gewaltige erodirende und transportirende Wirkung verbunden, welche häufig grosse Verheerungen in den Thälern anrichtet, indem fruchtbare Strecken des Thalbodens und menschliche Ansiedlungen hier von den angeschwollenen Fluthen weggerissen, dort hoch mit Sand und Geschieben überschüttet werden. Dies ist der Charakter eines grossen Theiles der Süd-Alpen, deren Torrenti der Waldarmuth des Gebirges ihre verderblichen Eigenschaften danken. Die stetige Fortschritte machende Entwaldung der Alpenländer bildet eine grosse Gefahr für die Bewohner derselben, da die grossen Differenzen zwischen Hoch- und Niederwasser, welche durch die Entwaldung immer mehr gesteigert werden, die grössten Verheerungen in den Thälern verursachen. —

Aehnliche Verhältnisse, wie sie gegenwärtig durch die Hand der Menschen um des augenblicklichen Gewinnes willen in einzelnen Gebieten herbeigeführt werden, müssen gegen den Schluss der Diluvial-Epoche ganz allgemein geherrscht haben. Die niedrige Temperatur, welche während der Glacialzeit eine so ausgedehnte Vergletscherung bewirkt hatte, wich einer höheren und die ungeheuren Eismassen schmolzen, aber die Vegetation konnte wohl nicht so rasch von den frei werdenden Flächen Besitz nehmen. Dies ist wohl die Ursache, warum ein so grosser Theil des Flachlandes zuerst zur Wüste und dann zur Steppe wurde, in welcher die aeolischen Bildungen des Lösses weitaus das Uebergewicht über die Bildungen des Wassers erreichten, während im Gebirge zeitweilig ungeheure Wassermassen schuttbeladen sich durch die alten, von den Moränenablagerungen der verschwundenen Gletscher erfüllten Thäler herabwälzten, während zu anderen Zeiten spärliche Wasseradern in denselben dahinschlichen oder in den losen Schutt- und Geschiebemassen verschwanden. Damals wurden wohl durch ausgedehnte Erosion der Glacialbildungen im Innern des Gebirges die mächtigen Schuttkegel gebildet, welche wir jedem grösseren Alpenthal vorgelagert sehen und die Ausbreitung des zu Flussgeschieben umgestalteten glacialen Materials über die Ebenen, weit über die früher vom Eise bedeckten Flächen hinaus in einer Weise bewirkt, wie dies die heutigen, in geregelten Thalwegen strömenden Flüsse nie vermocht hätten.

Im Gegensatz zu dieser lebhaften geologischen Thätigkeit des Wassers während der postglacialen Epoche steht das Zurücktreten der Erosion während der Eiszeit selbst. Allerdings ist von vielen Autoren die Ansicht vertreten worden, dass die Gletscher eine gewaltige erodirende Wirkung auf ihren Untergrund ausüben,

es scheint jedoch, wie in letzter Zeit durch HEIM ausführlich dargelegt wurde, diese Ansicht unvereinbar mit den Erscheinungen, welche an den gegenwärtigen Gletschern beobachtet werden können. Wenn auch die Gletscher ihren Untergrund angreifen und aushobeln, so arbeiten sie dabei doch der Erosion gegenüber vergleichsweise langsam. RÜTIMEYER betrachtete daher wohl mit Recht die Region des ewigen Schnee's und Eises als Region der Ruhe nnd des Stillstandes der Thalbildung, da die Wirkung von bleibendem Schnee und Eis sich auf Glättung der Unterlage beschränke. Perioden der Vergletscherung, wie sie die Eiszeit umfasst, ist demnach ein relativer Stillstand der Thalbildung zuzuschreiben.

Einen sehr wichtigen Einfluss auf die Thalbildung übt der wechselnde Stand der Hydrosphäre aus. Jede Aenderung des Niveaus der Meeresfläche muss auf die Thalbildung zurückwirken, weil durch die Verschiebung der Erosionsbasis das Gefälle erhöht oder vermindert wird, die Erosion daher neuen Impuls erfährt oder zum Stillstand gebracht wird. Es ist natürlich gleichgiltig, ob vertikale Bewegungen des Festlandes oder Schwankungen der Hydrosphäre das Niveau verändern, das Resultat ist das nämliche, ob das Festland steigt oder das Meer sinkt: die Erosion empfängt erneute Anregung, und entsprechend dem hinzugekommenen Gefälle wird ein neuerliches — nach rückwärts — Einschneiden der Flussrinne nöthig, welche in den alten Thalboden eingetieft wird. Sinkt das Festland oder steigt das Meer, so findet Unterbrechung der Erosion statt. Nachdem schon RÜTIMEYER auf die Bedeutung der Lateralterassen hingewiesen hatte, in welchen er die Reste ehemaliger Thalböden und die sichersten Beweise der Thalerosion erkannte, hat HEIM den Gegenstand weiter verfolgt und den Versuch gemacht, die Entstehung der alten Thalböden zu erklären. HEIM zeigt an den Terrassen des Reussthales, dass sie in eine Reihe von Thalbodensystemen gehören, indem jeder Thalstufe, jeder im Thalhintergrunde folgenden Thalterrasse bestimmte Seitenterrassen entsprechen, welche sich auch in die Nebenthäler verfolgen lassen. Jedes Terrassensystem entspricht einem alten, sanft geneigten Thalboden und seinen seitlichen Zuflüssen. Die Terrassen des Reussthales sind von der Gesteinsart und der Lage der Schichten ganz unabhängig, auch treten sie in den Längsthälern des Gebietes ebenso deutlich auf, wie in den Querthälern. Es entspricht jedes Terrassensystem einer Zeit relativer Ruhe der Thalbildung, da die dem Gefälle, der Wassermenge und dem Gesteinswiderstande entsprechende Austiefung erreicht war, und die Erosion sich nur auf die Verbreiterung des Thales beschränkte. Sie kam aber neuerdings zu lebhafter Wirkung, sobald die Erosionsbasis tiefer gelegt wurde und schnitt von unten nach aufwärts eine Rinne in den alten Thalboden, bis wieder die entsprechende Curve hergestellt war und neuerdings Stillstand der Vertiefung und Beginn der Verbreiterung, also Bildung eines neuen Thalbodens eintrat. HEIM hat im Reussgebiet fünf Terrassensysteme festgestellt — fünfmal hat sonach hier der Wechsel zwischen Ruhe und lebhafter Erosion sich ereignet. BODMER hat die von HEIM insbesondere hinsichtlich des Reuss- und Linthgebietes studirte Erscheinung der Terrassenbildung auch in anderen Gebieten der Schweiz verfolgt und gezeigt, dass in denselben ähnliche Terrassen und alte Thalbodensysteme auftreten. HEIM erklärt die alternirende Ruhe und Wiederbelebung der Erosion durch die Gebirgsbildung. Jede Emporfaltung des Alpengebirges musste nach seiner Ansicht die Erosion von Neuem wachrufen: die Erosionsbasis wurde gegenüber dem inneren Gebirge in ungleichförmigen Perioden immer tiefer gesenkt. LÖWL macht gegen diese An-

sicht geltend, dass die Faltungsvorgänge, welche mit der Gebirgsbildung im Zusammenhange stehen, sehr auffallende Unregelmässigkeiten und Niveaudifferenzen der Lateralterrassen herbeigeführt haben müssten, da nun von diesen nichts zu sehen ist, wäre es unmöglich, dass eine faltende Hebung zur Wiederbelebung der Erosion beigetragen habe, es bleibe vielmehr nur die Annahme übrig, dass die letzte Ursache des Wechsels der Perioden rascher Vertiefung und des Stillstandes der Thalbildung in den säculären Schwankungen des Meeresniveaus zu suchen sei. »So führt uns — sagt Löwl — der Terrassenbau der Erosionsthäler zu der neuerdings von Suess und Penck vertretenen Hypothese, dass die periodischen Verschiebungen der Strandlinien nicht mit Hebungen oder Senkungen der Continente, sondern mit dem Vordringen oder dem Rückzuge des Meeres in Verbindung zu bringen seien.«

Andererseits kann nicht geleugnet werden, dass die gebirgsbildenden Vorgänge von bedeutendem Einflusse auf die Erosion sind; zumal was die locale Hemmung derselben anlangt, die häufig mit der Bildung von Seen und abflusslosen Becken zusammenhängt. Viele Gebirgsseen verdanken der Stauung älterer Flussläufe durch gebirgsbildende Vorgänge ihre Entstehung. Als Beispiel sei hier nur der Urner See genannt, für welchen Heim nachwies, dass sein Boden flach, von steilen Wänden begrenzt, ein wahrer Thalboden ist, auf welchem sich der See durch Rückstauung der Reuss bildete. Zwischen Rigi und Rossberg ist das alte breite Querthal der Reuss in seiner Entwicklung stille gestanden, denn hier fehlt der Fluss. Die Molasseschichten bilden hier eine Thalschwelle, welche durch ihre Hebung den Reusslauf zerschnitt und westlich ablenkte. Die Thalschwelle liegt jetzt als anstehender Fels etwa 240 Meter höher als der Boden des Urner-See's, welche beide einst vom selben Wasser überströmt wurden. Die nächste Ueberlaufsstelle fand das zurückgestaute Wasser bei Luzern. Dort liegt jetzt die Erosionsbasis für das ganze obere Reussgebiet fixirt, 200 Meter höher als der alte Reusslauf am Grunde des Urner-See's. Ob mit Stauung der Molassewellen die inneren Alpentheile etwas gesunken sind oder nicht, ob mehr Hebung unten oder mehr Senkung oben die Ursache war, kommt ganz auf das Gleiche heraus. — Auch die eigenthümlichen Wasserverhältnisse der Karstländer sind nach Mojsisovics durch die fortdauernde Gebirgsbildung, welche die normale Erosion und Thalbildung hemmte, hervorgerufen worden. Die abflusslosen Becken (Polje der Herzegowina), die unvollständigen Thäler scheinen hauptsächlich durch die wiederholte Unterbrechung der normalen Erosion durch die Gebirgsbildung verursacht worden zu sein, wobei allerdings auch die Geneigtheit der zerklüfteten Kalkmassen, unterirdische Flussläufe zuzulassen, Vorschub leistete.

In zahlreichen anderen Fällen wurde die Erosion nicht durch gebirgsbildende Vorgänge, sondern durch Sinken des Landes oder Ansteigen des Meeres gehemmt. Dies ist die Ursache der Fjordbildung, welche man mit Unrecht der aushöhlenden Kraft der Gletscher der Diluvialperiode zugeschrieben hat. Diese Gletscher stiegen in Thäler herab, welche schon früher gebildet worden waren und nahmen nur in untergeordneter Weise an der Gestaltung derselben, hauptsächlich durch Glättung ihres Untergrundes, sowie durch die Ablagerung von Moränen-Material theil. Nach dem Schwinden der Glacialbedeckung aber begann eine neuerliche Periode der heftig wirkenden Erosion. Diese postglaciale Auswaschung mag durch mehrere Factoren sehr bedeutende Dimensionen erreicht haben: durch das Fehlen ausgedehnter Wälder, welche unmittelbar nach der Vergletscherung noch nicht von dem vom Eis befreiten Areal Besitz nehmen

konnten, dann aber auch durch die Schmelzwässer der aufthauenden Eismassen selbst. Es ist wahrscheinlich, dass auch in den Alpenländern die postglaciale Erosion, welche hauptsächlich durch Giessbäche bewirkt wurde, die zeitweilig eine enorme Wassermenge führten, zu anderen Zeiten aber fast gänzlich versiegten, mit ausgedehnter Erosions-Arbeit verknüpft war, so dass man ihr theilweise die Bildung von See-Becken oder die Umgestaltung der früher von Gletschern und ihren Moränen eingenommenen Thäler zuschreiben kann. Der Hauptsache nach aber sind diese Thäler echte alte Erosionsthäler. Dies gilt sowohl von den Fjorden Skandinaviens als den mit ihnen in der Entstehung wohl ganz übereinstimmenden Seebecken der Südalpen, beide sind wahre Erosionsthäler, deren Erosionsbasis tief unter dem heutigen Meeresspiegel liegt. So stellt der Boden des Comer-See's eine ebene, wenig geneigte Fläche dar, welche im oberen Theile des See's noch über dem Meeresniveau liegt, während sie im unteren Theile bis 200 Meter unter das Meeresniveau reicht, woraus sich ein Gefälle thalauswärts von nicht ganz 1§ ergiebt. Die Niveauschwankung, welche diesen tiefsten der Seen am Südabhang der Alpen gestaut hat, betrug nur 200—250 Meter.

Wir erkennen demnach die Verschiebung der Erosionsbasis als einen überaus wichtigen Factor der Thal- und Seebildung; — gleichgiltig ob diese Verschiebung durch vertikale Bewegung des Landes oder durch Schwankungen der Hydrosphäre — oder vielleicht durch beide zugleich veranlasst wird. —

Wir haben aus einer Reihe von Beispielen ersehen, dass sehr verschiedene Vorgänge Hemmungen der Erosion bewirken und hierdurch Seebildung herbeiführen können. Welches aber auch immer die Ursache der Seebildung sein mag, sie werden gleich den Wasserfällen und Stromschnellen nur eine vorübergehende Erscheinung in der Geschichte eines Thales darstellen. Rütimeyer und Heim haben die Vergänglichkeit der Seen mit Recht betont. Das Hinwegschaffen der stauenden Schwelle durch rückschreitende Wasserstürze oder die Ausfüllung mit Geschieben müssen im Laufe der Zeit die Seen zum Ablaufe bringen oder ausfüllen, gleichviel ob ein Bergsturz, ein aus einem Seitenthal herabkommender Schuttkegel, eine Gletschermoräne, eine Aushöhlung (sei sie nun vom strudelnden Wasser oder von einem Gletscher bewirkt) — ein Vorgang der Gebirgsbildung, eine Verschiebung der Erosionsbasis oder sonst einer der seenbildenden Factoren den Wasserspiegel gespannt hat. Man hat berechnet, dass der Niagara-Fall, welcher jährlich etwa $\frac{1}{3}$ Meter zurückschreitet, 36000 Jahre gebraucht hat, um die Thalschlucht unterhalb seiner Fälle auszuhöhlen, und dass der Fall bei gleichem Rückwärtsschreiten in weiteren 70000 Jahren den Erie-See erreichen und sodann entwässern werde. Ebenso wird der Rheinfall, der heute unterhalb Schaffhausens seine Stelle hat, dereinst sich bis zum Bodensee zurückgenagt haben und diesen See zum Abfluss bringen.

Es erübrigt schliesslich, nachdem alle übrigen nachweislich auf die Erosion Einfluss nehmenden Factoren besprochen worden sind, noch die Erwähnung eines problematischen: desjenigen der Erdrotation. An manchen Flüssen Europa's findet ein ungleiches Verhalten gegen ihre Ufer statt: sie suchen in ihrem Unterlaufe vorzugsweise das rechte Ufer zu unterspülen und nach rechts zu rücken. K. v. Baer hat hierfür in der Einwirkung der Erdrotation Erklärung gesucht. Die Umdrehungsgeschwindigkeit ist am Aequator grösser als in den höheren Breiten. Bewegt sich ein Körper vom Aequator gegen den Pol, so gelangt er in Regionen, deren Umdrehungsgeschwindigkeit geringer ist als seine

[illegible] Es ist immer klar, dass diese Einwirkung der Rotation der Erde auf die Flüsse nur in jenen Regionen hervortreten kann, in welchen die Flussläufe in dem lockeren Material der Niederungen eingeschnitten sind. E. Dunker und K. Zöppritz haben die Giltigkeit des Baer'schen Gesetzes bestritten und auch S. Günther ist den Gegnern dieses Gesetzes beigetreten. Trotz der Ausführungen der Genannten, sowie der eingehenden Erörterung des Problems durch E. Hoffmann ist die Frage der Einwirkung der Erdrotation auf den Lauf der Flüsse noch keineswegs endgiltig entschieden, da viele Geologen und Geographen [illegible], v. Hochstetter, Peters, W. Schmidt, Schweinfurth u. A. sich für die Baer'sche Theorie erklären und zahlreiche Beispiele als Beweise für dieselbe geltend machen. Die Wirksamkeit der Erdrotation auf die Flüsse zeigt sich am deutlichsten bei den russischen und sibirischen Strömen: Wolga, Ural, Ob, Jenissei — aber auch der Lauf der Donau, insbesondere auf der nordsüdlichen Strecke im ungarischen Tieflande lässt sie erkennen. Sie liegt, wie es scheint, auch der Verlegung der norddeutschen Flüsse zu Grunde, welche von Süden her in die Ost- und Nordsee münden. Diese Flüsse haben ihren Unterlauf und ihre Mündungen von West nach Ost, d. i. nach rechts verlegt. Der untere Niemen, welcher sich heute in's kurische Haff ergiesst, floss einst durch das heutige Inster- und Pregelthal dem frischen Haff zu; die Weichsel strömte durch das Thal der Netze und Warthe in dem heutigen Lauf der unteren Oder, die Oder lief in gerader Fortsetzung ihres Oberlaufes über Berlin in's untere Elbethal und in die Nordsee. Es werden jedoch diese Flussverlegungen von den Gegnern des Baer'schen Gesetzes theils bezweifelt, theils anderen Ursachen zugeschrieben.

Kürzer als bezüglich der Erosion können unsere Betrachtungen in Betreff der **Transportation** und **Sedimentation** durch fliessendes Wasser sein, zumal die wichtigsten Ablagerungen, die Deltabildungen, bereits selbstständig besprochen worden sind.

Die transportirende Kraft des Wassers fällt mit seiner Stosskraft zusammen, welche von der Geschwindigkeit und der Masse abhängt. Es ist demnach die transportirende Kraft an verschiedenen Stellen eines und desselben Flusses verschieden, ebenso die Grösse der Geschiebe, welche transportirt werden können. Die Grösse der Geschiebe ist im Allgemeinen im Oberlaufe weit beträchtlicher als im Mittellaufe, und sinkt im Unterlaufe noch weiter herab, bis schliesslich nahe der Mündung nur mehr ganz feine Materialien weiter bewegt werden können. Dieses Verhältniss wird wesentlich bedingt durch das **Gefälle** der einzelnen

Stromstrecken, welcher Factor nur sehr langsam durch den Fortschritt der Erosion sich ändert, bei älteren »fertigen« Thalwegen daher nahezu constant bleibt. Es vermindert sich mit dem Gefälle die Geschwindigkeit und damit die Stosskraft des Wassers, so dass grössere Geschiebe nicht soweit transportirt werden können, wie feiner Kies, Sand und Schlamm. Hierzu tritt als zweite Ursache die gegenseitige Zerreibung der transportirten Materialien: die grösseren Felsblöcke werden abgerundet und immer mehr zerkleinert und abgeschliffen. Ist der Lauf eines Flusses lang genug, so gelangen nur ganz feine Theilchen an seine Mündung und zwar nicht als am Grunde fortgeschobenes, sondern als in der Trübung schwebendes Material. Der feine Detritus, welcher die Flusstrübung erzeugt, wird in grossen Strömen in ungeheuren Quantitäten fortgeführt, während die grösseren Geschiebe an den Strommündungen ganz zurücktreten.

Neben dem Gefälle, welches einen constanten Factor der Flussgeschwindigkeit darstellt, bildet die Wassermasse einen zweiten von veränderlicher Grösse. Plötzliches Schmelzen grosser Schneemassen oder starke anhaltende Regengüsse schwellen Bäche und Flüsse an und erhöhen hierdurch die Transportfähigkeit ungemein. Bei Hochwasser rücken in Folge dessen die Geschiebebänke nach abwärts, der Stromstrich verändert sich und tiefergehende Schiffe müssen nach demselben mit Vorsicht die neugebahnten Wege aufsuchen und die neuen Kiesbänke vermeiden. Bei Gebirgsbächen steigert sich die Geschwindigkeit bis zu 10 und 12 Meter in der Sekunde und darüber. Die Leistungsfähigkeit der Wildbäche im Transport ist desshalb eine ungeheuer grosse. Die Wildbäche werden häufig durch Regengüsse so geschwellt, dass sie mit Gesteinsmassen überladen, als Ströme von Schlamm und Felstrümmern aus den Schluchten hervorbrechen und mächtige Schuttmassen dort anhäufen, wo das mangelnde Gefälle die Transportationskraft wesentlich vermindert. Die Runsen und Furchen der Sammeltrichter sind gewöhnlich wasserleer oder doch nur von schwachen Wasseradern durchzogen. Ein einziger starker Gewitterregen verändert jedoch das Bild und je steiler und kürzer das Bett des Wildbaches ist, um so rascher entwickelt sich ein sogenannter Murgang oder Murbruch, eine halbflüssige Lawine von Schlamm und Fels wälzt sich aus dem Sammelgebiet durch einen oft engen Kanal thalwärts und erzeugt auf dem flacheren Thalboden einen neuen Schuttkegel oder trägt zur Vergrösserung eines alten bei.

Ein Seitenstück zu diesen alpinen Murgängen, welche in ihrer verderblichen Wirkung durch das Ausrotten der Wälder so sehr begünstigt werden, stellen die Erscheinungen dar, welche die vulkanischen Kesselthäler, die Caldera's und Barranco's der Azoren bei Regengüssen zeigen, nur dass hier die Dimensionen der als Sammelbecken dienenden Caldera's, sowie die enormen Wassermassen, welche tropische Regengüsse zu liefern vermögen, grossartige Massenbewegungen zu Stande bringen. So soll sich einer der Barranco's, welcher auf Teneriffa aus dem grossen Krater durch das Thal von Taoro hinausführt, nach einem Berichte von P. Smyth in der Zeit von wenigen Stunden auf das Dreifache erweitert haben. Der heftige Regensturm vom 6. November 1829 lieferte eine solche Wassermasse, dass die durch den Barranco strömende Fluth die Wände harten Lavagesteins und fester Conglomerate zu beiden Seiten unterminirte und die Trümmer über eine weite unterhalb gelegene Fläche verstreute und selbst viele mit ins Meer hinabtrug.

Ablagerungen müssen überall da stattfinden, wo die Stosskraft des Wassers sich vermindert. Sie finden daher statt an der inneren concaven Seite einer

Flusskrümmung, da dort die Schnelligkeit des Wassers stets eine geringere ist als an der convexen Seite. Dies ist die Ursache, aus welcher ein Fluss, nachdem sein Lauf einmal eine, wenn auch geringe Ausbiegung gemacht hat, gezwungen ist, dieselbe weiter zu vergrössern, da an der convexen Seite der Flusskrümmung die Schnelligkeit und damit auch die Stosskraft des Wassers am stärksten ist, greift der Fluss daselbst sein Ufer immer mehr und mehr an, während an der concaven Seite der Krümmung Ablagerung stattfindet. Hierdurch wird der unregelmässige Serpentinen bildende Lauf der Flüsse bedingt, da von Zeit zu Zeit der Stromstrich geändert, die Kiesbänke umgelagert werden, entstehen neue Serpentinen, die alten werden abgeschnitten und bilden todte Arme, wie sie im Mittellaufe der Flüsse so häufig auftreten. Die Hochufer zeigen häufig keinen dem heutigen Flusslauf entsprechenden, sondern einen aus vielen sich durchschneidenden Curven zusammengesetzten Verlauf. Es sind aber diese Curven nichts anderes, als die zu verschiedenen Zeiten gebildeten Ufer-Concaven der Serpentinen des Flusslaufes.

Die Kies- und Schotterablagerungen der Flüsse zeichnen sich stets durch einen ziemlich unregelmässigen Charakter aus. Nie hält die Schichtung in regelmässiger Form auf grössere Strecken an, weil eben die Ablagerung fortwährend von kleinen Veränderungen des Stromstriches und der Stosskraft des Wassers beinflusst wurde. Es lässt sich auch an den fluviatilen Ablagerungen in der Regel unschwer erkennen, dass sie unter einem fortwährenden Wechsel zwischen Ablagerung und Zerstörung zu Stande gekommen sind, denn bei jedem Anwachsen des Flusses, durch welches die Schnelligkeit und Stosskraft des Wassers vermehrt wird, werden die Kiesbänke an den Ufern thalwärts bewegt und der Stromstrich geändert.

Flüsse, welche viel Geschiebe mit sich führen, erhöhen ihr Bett fortwährend, wenn das abnehmende Gefälle ihnen nicht gestattet, die Geschiebemassen weiter fortzuführen Bleibt der Fluss sich selbst überlassen, so durchbricht er fortwährend seine Ufer, bildet neue Flussläufe und verlässt dieselben wieder, sobald er sie soweit mit Geschieben gefüllt hat, dass seine Fluthen bei Hochwasser keinen Platz mehr finden. Die Flüsse der oberitalienischen Ebene, vor allem der Po gehörten einst hierher, sie sind jedoch längst künstlich eingedämmt, so dass der Fluss gleichsam auf einem erhöhten Damme dahinläuft — ein Umstand, welcher zwar die regelmässige Bewässerung der Niederung durch Canäle sehr erleichtert, jedoch bei einem Dammbruche, anlässlich eines ungewöhnlichen Hochwassers ausserordentliche Verheerungen bedingt und die Ausbesserung des Schadens sehr schwierig macht.

Mündet ein Fluss in einen See oder in's Meer, so kommen alle von ihm am Grunde des Wassers fortgeschobenen oder in der Trübung schwebend fortgetragenen Materialien zum Absatz; Seen, welche einen Flusslauf unterbrechen, wirken desshalb als Klärungsbassins, solange sie nicht von dem transportirten Materiale ausgefüllt werden. Ueber die Bildung der Delta's, welche Flüsse an ihrer Mündung in Seen oder in's Meer erzeugen, ist bereits an anderer Stelle gehandelt worden. (Vergl. I, pag. 201).

Literatur: K. E. v. BAER: Ueber ein allgemeines Gesetz in der Gestaltung von Flussbetten. Bullet. d. l'acad. imp. des sciences de St. Pétersb. 1860, II. Bd.; A. BALTZER: Ueber Bergstürze, Neues Jahrbuch etc. 1880, II. Bd., pag. 197; Ueber einen Fall von rascher Strudellochbildung, Mitth. d. naturf. Gesellschaft, Bern 1884, III. Heft.; H. BERENDT: Gletschertheorie oder Drifttheorie in Norddeutschland, Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellschaft. 1879. pag. 13, Der Nordwesten Berlins, Abh. z. geolog. Specialk. v. Preussen, Bd II. 3. pag 2.; Ueber Riesen-

töpfe und ihre allgemeine Verbreitung in Norddeutschland, Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1880. pag. 56; Die Sande im norddeutschen Tieflande und die grosse diluviale Abschmelzperiode, Jahrb. d. preuss. geolog. Landesanstalt f. 1881. pag. 482; Zur Entstehung von Riesentöpfen, Neues Jahrbuch, 1881, Bd. II. pag. 121; BLANFORD and MEDLICOTT: Manual of the Geology of India, II. 657. (MEDLICOTT äussert hier über den Dschinadurchbruch bei Riassi ähnliche Ansichten in Betreff der Bildung von Querthälern wie POWELL und später TIETZE): A. BODMER: Terrassen und Thalstufen in der Schweiz, Zürich 1880; BRÖGGER und REUSCH; Riesenkessel bei Christiania., Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1874, pag. 783. H. CREDNER: Der Boden der Stadt Leipzig 1883. Elemente der Geologie, 5. Aufl.. Leipzig 1883, pag. 237—248.; A. DAUBRÉE: Synthetische Studien zur Experimental-Geologie, deutsch von A. GURLT, Braunschweig 1880. (»Lithoklasen« und ihr Einfluss auf die Thalbildung); DUNKER: Ueber den Einfluss der Erdrotation auf den Lauf der Flüsse, Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 1875, pag. 463 und 1882 pag. 331; E. DUTTON: The physical geography of the Grand-Cannon District. Ann. Report of U. S. Geological Survey 1880. 81, Washington 1882, pag. 47; Th. FUCHS: Ueber die Grundform der Erosionsthäler, Jahrb. d. kk. geolog. R.-Anstalt, Wien 1877, pag. 453; E. F. GEINITZ Die Seen, Moore und Flussläufe Mecklenburgs. Güstrow 1886; S. GÜNTHER: Die sichtbaren und fühlbaren Wirkungen der Erdrotation, Humboldt, I. Jahrg. pag. 364, Geophysik, II. Band, Stuttgart 1885 (stehende und fliessende Gewässer, pag. 568—647); A. HEIM: Ueber den Gletschergarten von Luzern, 1873; Mechanismus der Gebirgsbildung 1878, Bd. I. pag. 281; Ueber die Verwitterung im Gebirge, Basel 1879; Erosion im Gebiete der Reuss. Jahrb. d. schweiz. Alp.-Club. 1879; Die Seen des Oberengadin, Jahrb. d. schweizer. Alpenclub 1880; Ueber Bergstürze. Naturf. Gesellsch. in Zürich 1882; V. HILBER: Asymmetrische Thäler, PETERMANN's Mitteilungen 1886, Heft 6; H. HOEFER: Die Felsentöpfe (Riesenkessel) bei Pörtschach, Neues Jahrbuch für Min. etc. 1878, pag. 1. — B. HOFMANN: Das BÄR'sche Gesetz Halle, 1878. TH. KJERULF: Ein Stück Geographie in Norwegen, Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde z. Berlin, 14. Bd. pag. 129; Die Geologie des südlichen und mittleren Norwegens, deutsch von A. GURLT, Bonn 1880 (Spaltensysteme als Grundzüge der Thalbildung und Oberflächengestaltung); G. A. KOCH: Ueber Murbrüche in Tyrol, Jahrb. d. geolog. R.-Anstalt, Wien 1875, pag. 97. KRÜMMEL: Beiträge zur allgemeinen Orographie, Ausland 1882, pag. 30 (Einseitige Erosion durch Wirkung des Regenfalles); P. LEHMANN: Die Wildbäche in den Alpen, eine Darstellung ihrer Ursachen, Verheerungen und Bekämpfung, als Beitrag zur physikalischen Geographie, Breslau 1879; F. LÖWL: Die Entstehung der Durchbruchsthäler. Geogr. Mitth. 1882, pag. 402; Ueber das Problem der Flussdurchbrüche, Verhandl. d. geolog. R.-Anstalt, Wien 1883, pag. 90; Ueber Thalbildung, Prag 1884; E. v. MOJSISOVICS: Zur Geologie der Karsterscheinungen, Zeitschrift d. deutsch. u. österr. Alpenvereins, 11 Bd. pag. 111; F. NOETLING: Ueber das Vorkommen von Riesenkesseln im Muschelkalk von Rüdersdorf, Zeitschr. d. deutsch. geologischen Gesellsch. 1879, pag. 339; PENCK: Ueber die Periodicität der Thalbildung, Verh. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 11 Bd., pag. 49; Einfluss des Klima's auf die Gestaltung der Erdoberfläche, Verhandlungen des III. deutschen Geographentages, Berlin 1883, pag. 81; POWELL: Exploration of the Colorado River and its tributaries, Washingthon 1875, (Durchsägung der Uinta-Mountains während ihrer Aufrichtung durch den Green River); E. REYER: Studien über den Karstrelief, Wien 1881; Höhlen und Einstürze, Gaea, 18. Jahrg. pag. 628; Aenderung der Flussläufe in Toscana, Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde z. Berlin, 18. Bd., pag. 287; F. v. RICHTHOFEN: China, I. pag. 114 (Subterrane Erosion des Lösses durch die Bildung von Lössbrunnen etc.); RÜTIMEYER: Thal- und Seebildung, 1868; R. v. SCHLAGINTWEIT: Der grosse Arkansas und Clear-Creek-Canyon, Gaea 17. Jahrg. pag. 65; K. SCHNEIDER: Studien über Thalbildung in der Vordereifel, Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde z. Berlin, 18. Bd., pag. 27; A. G. SUPAN: Ueber die Thalbildungen des östlichen Graubünden und der Tyroler Centralalpen, Wien 1877; E. TIETZE: Zur Geologie der Karsterscheinungen, Jahrb. d. geolog. R.-Anstalt, Wien 1880, pag. 729. — Einige Bemerkungen über die Bildung von Querthälern, Jahrb. d. geolog. R.-Anstalt, Wien 1877, pag. 581 und »zweite Folge« ibidem, 1882, pag. 685; ZÖPPERITZ: Ueber den angeblichen Einfluss der Erdrotation auf die Gestaltung von Flussbetten, Verhandlungen des II. deutsch. Geographentages zu Halle 1882.

Zeitrechnung, geologische

von

Prof. Dr. **R. Hörnes.**

Die Geschichte der Erde durch Untersuchung und Vergleichung der verschiedenartigen Schichten, welche die Rinde des Planeten bilden, zu enträthseln, ist eine der Hauptaufgaben der Geologie, der dieselbe in ihrem historischen Theile zu entsprechen sucht, welcher uns mit den einzelnen Epochen der Erdgeschichte bekannt macht und ihre Bildungen unterscheiden und selbst in entlegenen Gebieten wiedererkennen lehrt, beides hauptsächlich nach den in den Sedimenten enthaltenen organischen Resten. Die Trennung der grösseren Zeitabschnitte, der Schichten-Systeme[1]) und ihrer Unterabtheilungen erfolgt ebenso wie ihre Parallelisirung, fast ausschliesslich auf Grund paläontologischer Thatsachen. Es ist das Verdienst BRONGNIART's und CUVIER's, zuerst die hohe Bedeutung, welche die Versteinerungen für die Gliederung und Parallelisirung der Schichten der Erdrinde besitzen, richtig erkannt und verwerthet zu haben. CUVIER liess sich indess durch die Beobachtung, dass die von ihm studirten fossilen Wirbelthiere nicht allein von den jetzt lebenden verschieden sind, sondern auch die in verschiedenen Etagen begrabenen Reste unter einander ebenso grosse Differenzen erkennen liessen, als sie die erloschenen von den gegenwärtigen trennen, zur Aufstellung seiner Katastrophentheorie verleiten. Jeder Epoche schien eine

[1]) Die früher in Deutschland für diese ziemlich allgemein gebrauchte Bezeichnung »Formation« wird gegenwärtig desshalb vernachlässigt, weil das Wort Formation oder Bildung sowohl hinsichtlich der Bildungszeit als der Bildungsart gebraucht werden kann. In ersterem Sinne zur Bezeichnung der geologischen Zeiträume wurde es vorzugsweise in Deutschland gebraucht, wo man mit Vorliebe von einer Dyas-, Trias-, Jura-Formation sprach und schrieb, während anderwärts das Wort Formation in der Regel zur Bezeichnung der Bildungsart verwendet wurde (z. B. *Formation sédimentaire — f. éruptive — f. marine — f. d'eau douce — f. côtière — f. pélagique — f. calcaire — f. arénacée — f. gypseuse)*, während die grossen Epochen oder vielmehr die in denselben gebildeten Schichten als Systeme oder Terrains bezeichnet wurden (z. B. *Système silurien, s. dévonien — Terrain jurassique, t. crétacé).* Die Verständigung, welche auf dem internationalen Geologen-Congress zu Bologna 1881 angebahnt wurde, dürfte dahin führen, dass die Deutschen das mit Vorliebe gebrauchte Wort »Formation«, die Franzosen das von ihnen zumeist angewandte Wort »Terrain« fallen lassend, die Bezeichnung »System« immer allgemeiner für die grossen Abtheilungen der Erdgeschichte gebrauchen werden, obwohl für die deutsche Anwendung des Wortes Formation das Prioritätsrecht in Anspruch genommen werden darf. In seinem 1761 in Erfurt veröffentlichten Entwurf zu der ältesten Erd- und Menschengeschichte unterschied FÜCHSEL die einzelnen Gesteinsschichten, vereinigte mehrere derselben zu Gruppen, welche er »Formation« nannte, und wies aus ihrer Reihenfolge ihr verschiedenes Alter nach, indem er nach den Versteinerungen Süsswasser- und Meeresablagerungen unterschied und deren Entstehung durch abwechselnde Ueberschwemmungen des Festlandes zu erklären suchte. In demselben Sinne gebrauchte A. G. WERNER das Wort Formation, dessen Begriff er genauer bestimmte, zur Bezeichnung der Epochen der Erdgeschichte, wenn er auch bei der Abgrenzung derselben die Versteinerungen weniger berücksichtigte und den Hauptwerth auf die Gesteinsmerkmale legte, von denen er glaubte, dass sie sich in gleichmässiger Entwicklung über die Erdoberfläche verfolgen liessen. Dies, sowie die von HUMBOLDT gegebene Definition des Wortes Formation, in welcher die gleichartige Ausbildung einer Formation auf der ganzen Erde angenommen wird, hat die wahre ursprüngliche Bedeutung verschleiert, in welcher dieses Wort und zwar nur in dem Sinne gebraucht wurde, in welchem es bisher so häufig von Seite der deutschen Geologen Anwendung fand.

Anzahl ihr ausschliesslich angehörender Reste zu entsprechen, und je weiter die Epoche in der Erdgeschichte zurücklag, um so mehr entfernen sich diese ihr eigenthümlichen und bezeichnenden Arten von ihren jetzt lebenden Verwandten. CUVIER nahm deshalb an, dass jede einzelne Epoche ihre eigene selbständige organische Welt besessen habe, und dass die selbständigen und unabhängigen Zeiträume des organischen Lebens durch grosse, den ganzen Erdball umfassende Katastrophen von einander getrennt seien, durch welche am Ende jeder Epoche die gesammte organische Welt ihren Untergang gefunden habe, um durch eine Neuschöpfung abgelöst zu werden. Als Hauptvertreter der CUVIER'schen Katastrophentheorie verdienen L. AGASSIZ und A. D'ORBIGNY genannt zu werden. Ersterer gelangte durch seine umfassenden Studien über fossile Fische und Untersuchung einiger Muschelgattungen zu dem Schlusse, dass keine einzige Art von einer Etage in die nächst höhere durch eine Erdrevolution von der ersteren getrennte aufsteige. ALCIDE D'ORBIGNY sah sich durch seine palaeontologischen Forschungen veranlasst, die Zahl der Erdrevolutionen und der durch dieselben getrennten Perioden des organischen Lebens auf 27 zu erhöhen. Von jeder dieser 27 Perioden wurde behauptet, dass sie eine ganz unabhängige, von derjenigen der früheren und der nachfolgenden verschiedene Pflanzen- und Thierwelt enthalte; sowie dass es nur ganz ausnahmsweise einer Art gelungen sei, der allgemeinen Vernichtung zu entgehen, und in die nächste Periode überzutreten. Die CUVIER'sche Katastrophenlehre hat hingegen in Deutschland nie allgemeine Anerkennung finden können. Schon 1820 erkennt SCHLOTHEIM in seiner Petrefaktenkunde wohl einige Erdrevolutionen an, bestreitet aber auf das Entschiedenste, »dass jede abweichende Gebirgsschicht, nebst den darin befindlichen so verschiedenen Thier- und Pflanzenüberresten, als Produkte stets wiederholter Erdrevolutionen und neuer Schöpfungen zu betrachten seien. — »Wir dürfen wohl überhaupt nicht — sagt SCHLOTHEIM — mit der Schöpfung die Vorstellung verbinden, als wenn sie ein gleichsam abgethanes Geschäft in einem kurzen bestimmten Zeitraume sei, da sie im Gegentheil offenbar in's Unendliche fortwirkt, und alles Mögliche und Nothwendige nach unveränderlichen Gesetzen in den günstigsten Augenblicken verändert und umbildet.« Derselbe Grundgedanke wurde von G. H. BRONN weiter entwickelt und durch ein ungeheures Beobachtungsmaterial gestützt. In seinem Handbuch einer Geschichte der Natur (1841—49) und in seiner *Lethaea geognostica* (1837—38) widerlegt BRONN die Hypothese von einer wiederholten totalen Vernichtung und einer darauffolgenden Neuschöpfung der gesammten organischen Welt durch den Nachweis, dass viele Arten von einer Formation in die andere übergehen können, und dass zu keiner Zeit alle einstigen Thier- und Pflanzenarten der Erdoberfläche gleichzeitig geschaffen wurden oder gleichzeitig untergingen. Die allmähliche Entwicklung der organischen Welt führte BRONN zu der Annahme, dass die ganze Aufeinanderfolge der fossilen Organismen in den früheren Erdperioden der Ausfluss einer planvollen und tiefsinnigen Thätigkeit eines allmächtigen und allweisen Schöpfers (oder wie BRONN in seinen Untersuchungen über die Entwicklungsgesetze der organischen Welt 1858 annimmt, einer planmässig handelnden, selbstbewussten »Schöpfungskraft«) sei. Demungeachtet hielt BRONN an dem alten LINNÉ'schen Artbegriff fest, nach welchem jede Art einen besonderen Schöpfungsakt voraussetzt.

Den Todesstoss hat die CUVIER'sche Katastrophen- und Kataklysmen-Theorie durch Ch. LYELL erfahren, welcher eine fundamentale Aenderung der früheren

geologischen Anschauungen herbeiführte, indem er nachwies, dass sämmtliche in früheren Erdperioden erfolgte Ereignisse durch heute noch wirksame Kräfte und Erscheinungen zu erklären sind und dass die Veränderungen, welche an der Oberfläche unseres Planeten stattfanden, nicht in plötzlichen und allgemeinen Katastrophen bestanden, sondern vielmehr einen allmählichen und localen Charakter tragen, so dass die Continuität des organischen Lebens, seitdem es auf dem Planeten auftrat, niemals unterbrochen wurde. Die LYELL'schen Grundsätze der Geologie führen nothwendig zur Annahme der innigen Verkettung und langsamen Umänderung der organischen Welt und zwingen zur Annahme der Descendenzlehre, welche E. v. MOJSISOVICS mit Recht nur eine logische Consequenz der LYELL'schen Geologie genannt hat.[1]) Der Ausbau der letzteren wird nothwendig zu einer gänzlichen Umgestaltung der gegenwärtig in Gebrauch stehenden Eintheilung der Perioden der Erdgeschichte führen. Diese Perioden (vergl. über dieselben den Artikel »Schichtensysteme und geologische Perioden«, III. pag. 234) sind ganz willkürlich aufgestellt worden. Das praktische Bedürfniss der Bergleute nach Zusammenfassung einzelner Schichtengruppen unter einem gemeinsamen Namen liess manche Etagenbezeichnung entstehen (Steinkohlengebirge — Rothliegendes — Kupferschiefer — Zechstein), andere wurden auf Grund geologischer Studien in beschränktem Gebiete gegeben, indem man zugleich häufig von diesem Gebiete den Namen für die daselbst vorherrschend entwickelte Schichtengruppe nahm (Devon, Jura etc.), andere Etagennamen verdanken einem vorherrschenden Gesteine ihren Ursprung (Kreideformation), der Name »Tertiärformation« rührt von der alten Unterscheidung der Flötzgebirge in primäre, secundäre und tertiäre her, während man heute die Perioden der Erdgeschichte nach der Entwicklung der Organismen in ein palaeozoisches, mesozoisches und känozoisches Zeitalter zusammenzufassen pflegt. Die »Diluvialformation« dankt ihren Namen der Uebertragung der biblischen Sindfluth, von der man glaubte, dass sie der letzten Erdrevolution entspräche, in die geologische Geschichte der Erde. Diese zufällige und inconsequente Namengebung ist indess nicht der grösste Mangel der gegenwärtig üblichen geologischen Zeiteintheilung. Derselbe liegt vielmehr in der Schwierigkeit, ein hauptsächlich auf Grund umfassender Untersuchungen in Deutschland, England und Frankreich aufgestelltes Schema der Epochen und Etagen auf die Bildungen aller übrigen Theile der Erdoberfläche anzuwenden. Man glaubte früher, dass die scharfen Grenzen, welche in den zuerst untersuchten Gebieten zwischen den einzelnen Schichtensystemen wahrgenommen wurden, überall mit gleicher Deutlichkeit wieder zu erkennen wären, und vermeinte, Silur, Devon, Carbon, Dyas, Trias, Jura, Kreide, Tertiär und Diluvium allenthalben ohne sonderliche Schwierigkeiten und zwar in derselben Gliederung wie in West-Europa unterscheiden zu können. Je mehr indess die geologische Forschung sich über die Oberfläche des Erdballes erstreckte, desto grösser wurden die Schwierigkeiten der Parallelisirung. Man machte die Erfahrung, dass die einzelnen Schichtengruppen nicht nur sehr ungleichwerthig, sondern auch sehr unzweckmässig aufgestellt worden waren, da fast alle Grenzen, die sich in Mittel- und West-Europa sehr scharf ziehen liessen, schon in den Alpen den Dienst versagten. Zugleich erkannte man aber auch, dass die »alpine Entwicklung« mit ihrer vorherrschenden Verbindung ununterbrochen aufeinanderfolgender mariner Straten eine weit grössere Verbreitung besitzt als die mittel- und west-europäische mit ihrer

[1]) Dolomitriffe von Südtirol und Venetien, pag. 4.

lückenhaften, und aus diesem Grunde hauptsächlich durch so scharfe Grenzen gegliederten Sediment-Reihe. Dass bei dem heutigen Stande der Wissenschaft die früher übliche scharfe Trennung der einzelnen Epochen heute nur mit Schwierigkeit durchgeführt werden kann, erhellt schon aus der Thatsache, dass in den letzten Jahrzehnten über die Abgrenzung jeder Etage Meinungs-Differenzen entstanden. Es sei hier auf die Hercyn-Frage verwiesen, welche die Abgrenzung von Silur und Devon zum Gegenstande hat, sowie auf die Unmöglichkeit, die Grenzen, welche die Dyasformation Mittel- und West-Europa's von Carbon- und Triasbildungen trennen, auch in den Alpen wieder zu erkennen; — ferner auf die Einschiebung einer eigenen, vermittelnden »rhätischen« Stufe nach langem Federkrieg über die Grenze zwischen alpiner Trias und alpinem Lias; — auf die Controverse über die Grenze zwischen oberem Jura und unterer Kreide in den Alpen; — endlich auf die sowohl in Nord-Amerika wie an einzelnen Punkten Europa's (Cosina-Schichten in Istrien) strittigen Grenzen zwischen Kreide und Eocän. Es stellt sich wie im Grossen zwischen den einzelnen Schichtensystemen oder Formationen, so auch im Kleinen zwischen den Horizonten und Etagen, in welche man die ersteren getheilt hat, eine allgemein giltige scharfe Abgrenzung als unmöglich heraus. Alle nach der älteren Manier unterschiedenen Etagen und Unterabtheilungen haben nur für grössere oder kleinere Territorien Giltigkeit und es wird stets gelingen, in einer benachbarten oder entfernten Gegend gerade an jener Stelle einen vollständigen Uebergang zu constatiren, an welcher man eine scharfe Grenze zu finden vermuthen müsste, wenn man die älteren Ansichten von der allseitigen Verbreitung der Schichtensysteme und dem Durchlaufen ihrer Grenzen zur Richtschnur nehmen würde.

Die bisher fixirten Grenzen zwischen den grösseren Epochen der Erdgeschichte haben ebenso wie jene, mittelst welcher man kleinere Abschnitte zu trennen versuchte, einen sehr verschiedenen Charakter. Oft sind es nur Lücken in der Ablagerung, es fehlt ein Glied, welches an anderer Stelle entwickelt ist, oder es findet ein Wechsel in der Beschaffenheit der aufeinander folgenden Ablagerungen statt, der sehr verschiedener Natur sein kann. Die so häufig auftretenden Facies-Verschiedenheiten aufeinander folgender Schichten wurden zumeist zur Unterscheidung der Unter-Abtheilungen verwendet, welche man natürlich dann nur soweit verfolgen konnte, als die betreffende Facies-Entwicklung reicht; während Lücken in der Serie der Bildungen, sowie Wechsel im Bildungsmedium mit Vorliebe als Grenzen grösserer Epochen gewählt wurden. Aber auch die Wechsel im Bildungsmedium und noch mehr die localen Lücken in der Sedimentreihe, welche man für die wichtigsten Formationsgrenzen hielt, erweisen sich, weil nur über mehr oder minder beschränkte Territorien verfolgbar, als schlechte Hilfsmittel der geologischen Chronologie. So scheinen die an der Grenze von Jura und Kreide in Nordwest-Europa sich einstellenden terrestren Bildungen eine scharfe Trennung der beiden Epochen zu ermöglichen, in den Alpenländern aber schliessen sich die marinen Kreidebildungen ohne Lücke an die marinen Juraablagerungen, die Entwicklung der Faunen ist hier eine continuirliche und die Grenzlinie kann nur künstlich gezogen werden. — So finden wir wenig mächtige, meist pflanzenführende Ablagerungen an der Grenze von Trias und Jura in Mittel-Europa; und ein Lager von Wirbelthierresten *(Bonebed)* bezeichnet in erstaunlicher Ausdehnung aufs schärfste den Schnitt, welcher die Ablagerungen beider Epochen trennt; in den Alpen aber begegnen wir an Stelle dieser Ablagerungen überaus mächtigen wohlgeschichteten marinen Kalken, welche eben so schwer vom alpinen

Lias wie von den obersten Triasgebilden getrennt werden können. Man hat sich daher durch Einschiebung einer selbstständigen Stufe, der »rhätischen«, zwischen Trias und Jura zu helfen gesucht, allein dieselbe ist doch unzweifelhaft von ungleich geringerer zeitlicher Ausdehnung und die Frage, ob die Zone der *Avicula contorta* der Trias oder dem Lias zugezählt werden soll, noch immer nicht entschieden, so viel auch über den Gegenstand bereits geschrieben worden ist.

Die gegenwärtig übliche Eintheilung der Erdgeschichte in Epochen und Schichtensysteme erweist sich sonach als eine vollständig willkürliche und in vielen Fällen unzweckmässige, sie hat lediglich den Werth eines vorläufigen Verständigungs-Mittels, wie etwa das heute gebräuchliche, sogenannte natürliche System der Zoologie und Botanik. Das wahre natürliche System ist jenes, welches mit der Stammesverwandtschaft zusammenfällt, und sobald wir diese erkannt haben, werden wir das vorläufige Verständigungsmittel fallen lassen müssen. Ganz dasselbe gilt von der gegenwärtigen Gliederung der geologischen Erdgeschichte, welche nur zur vorläufigen Orientirung dienen kann und jedenfalls aufgegeben werden muss, wenn die geologische Forschung die bisher nur auf einem kleinen Theil der Oberfläche des Planeten gewonnenen Erfahrungen durch Untersuchung aller übrigen zugänglichen Theile erweitert, und wenn unsere heute noch sehr lückenhafte Kenntniss von der Filiation der organischen Welt sich soweit vervollständigt haben wird, dass die Veränderung der Organismen zur Aufstellung einer allgemeinen geologischen Chronologie hinreicht. —

Die gegenwärtig übliche geologische Zeitrechnung begnügt sich mit relativen Zeitbestimmungen, es sind jedoch viele Versuche gemacht worden, die geologischen Zeiträume zu messen. Wenn auch nicht geleugnet werden kann, dass alle Bestrebungen, absolute Zeitbestimmungen in die Geologie einzuführen, bis nun ziemlich geringe Resultate ergaben, da die Berechnungen, welche für gewisse geologische Erscheinungen angestellt wurden, höchst verschiedene und deshalb ganz unzuverlässige Resultate ergaben, so ist es vielleicht doch möglich, dereinst auf besseren Grundlagen solche Berechnungen durchzuführen und zu absoluten Zeitbestimmungen für die Erdgeschichte zu gelangen, so schwierig es auch für das kurzlebige Menschengeschlecht der Natur der Sache nach sein muss, Perioden zu erkennen, welche weit über die Dauer zahlreicher Generationen hinausgehen.

Das am meisten in Anwendung gebrachte Mittel der absoluten geologischen Zeitbestimmung ist jenes der Vergleichung der Mächtigkeit der Sedimente. Die Wahrnehmung, dass das Inundatationsterrain mächtiger Ströme bei alljährlichen Ueberschwemmungen um einen sehr geringen Betrag durch den jedesmaligen Schlammabsatz erhöht wird, veranlasste zunächst, die Zeit, welche solche Flüsse zur Bildung ihrer Alluvionen brauchen, zu berechnen. Das bekannteste Beispiel derartiger Berechnungen liefern die Versuche, das Alter der Nil-Alluvionen zu bestimmen, eine Aufgabe, mit welcher sich viele Autoren mit mehr oder weniger Geschick beschäftigten, seitdem Girard die Bedeutung der Nilpegel für diese Frage klar gelegt hat. Girard fand, nachdem er den Nilpegel bei Kairo untersucht hatte, auch einen alten Nilpegel bei Elephantine, welcher schon von Strabo beschrieben wurde. Dieser Nilpegel fand sich zur Seite einer Treppe auf einer Mauer eingeritzt. Bei seinem obersten Theilstrich steht in griechischen Ziffern die Zahl 24, unter den Ptolomäern das Maass für die Höhe der grossen Ueberschwemmungen. Verglichen mit den Spuren, welche die letzte Nilüberschwemmung an der Mauer zurückgelassen hatte, ergab sich eine Differenz von 2.41 Meter,

um welchen Betrag sich der Grund des Nil's seit der Anlage des Pegels erhöht haben muss. Nun liess sich freilich die Zeit der Anlage des Pegels nicht genau bestimmen, allein eine Inschrift auf demselben enthält den Namen Septimius Severus (193—211); sie war wohl dahingesetzt worden, um eine Ueberschwemmung zu bezeichnen, die bereits höher hinaufreichte, als die Marke mit den griechischen Ziffern 24 anzeigte. Angenommen, dass die Inschrift um das Jahr 200 angebracht worden ist, ergiebt sich eine Bodenerhöhung des Nilbettes bei Elephantine um 0·152 Meter im Jahrhundert. Der Nilpegel in Kairo auf der Insel Roudah besteht in einer Marmorsäule in einem viereckigen Bassin, welches mit dem Nil in Verbindung steht. Die Säule ist in 16 Maasseinheiten abgetheilt, jede von 0·541 Meter Länge. Dieser Nilpegel wurde von einem Kalifen in der Mitte des neunten Jahrhunderts wieder aufgebaut. Im Jahre 1800 betrug der Unterschied einer vollen Ueberschwemmung gegen eine solche aus jener Zeit 1·149 Meter. Das giebt 0·120 Meter für das Jahrhundert als Bodenerhöhung bei Kairo. GIRARD nahm das Mittel aus diesen beiden gefundenen Maassen und nimmt an, dass dieses, nämlich 0·126 Meter im Jahrhundert die stattfindende Grunderhöhung des Nils, sowie die Erhöhung des Delta's selbst repräsentirt. Er untersuchte die Mächtigkeit der Nilschlammdecken an Monumenten und bestimmte hiernach das Alter der Denkmäler von LUXOR in Theben auf eine Zeit um 1400 v. Chr. jenes der alten Ebene, welche vor der Erbauung Thebens vorhanden war, auf 2960 v. Chr. — Man hat später viel weitergehende Berechnungen ausgeführt. Bei Heliopolis fand man Topfscherben in einer Tiefe von 60 Fuss (engl.) und CHARLES LYELL berechnete daraus unter Zugrundelegung einer Bodenzunahme von 6 Zoll in 100 Jahren ein Alter von 12000 Jahren für diese Topfscherben. Nahe dem Scheitelpunkte des Delta's werden Topfscherben in einer Tiefe von 72 Fuss engl. gefunden. Indem man hier den Zuwachs in 100 Jahren nur zu 2 Zoll 3 Linien ansetzte, bekam man ein Alter von 30000 Jahren, vor welcher Zeit demnach in Aegypten bereits Menschen auf einer hohen Kulturstufe gelebt hätten, die es verstanden, Thon zu Gefässen zu formen. Allein gegen die Bedeutung dieser Topfscherben hat O. FRAAS mit Recht eingewendet, dass in Aegypten stets Kanäle und Brunnen von bedeutender Tiefe gegraben worden seien, so dass leicht in späterer Zeit Topfscherben in verschiedene Tiefen gelangen konnten, zumal seit der Zeit der Pharaonen jeder Reisende seinen Wasserkrug bei sich hat und die Wege stets den Kanälen entlang führen. Auch MAX EYTH macht die künstlichen Veränderungen in den Flussläufen und Kanälen gegen die Berechnungen des Alters der Schlammabsätze geltend. Denn das mit Schlamm gesättigte Nilwasser setzt auf den verschiedenen Stellen ganz verschiedene Mengen ab. Wo eine Vertiefung ist und das Wasser ruhig fliesst oder still steht, da ist der Niederschlag ein bedeutender. Wo man dagegen Vorkehrungen für einen schnellen Ablauf getroffen hat, da wird wenig oder nichts abgesetzt: »Ein Fellah, welcher das untere Ende seines Wiesenstückes mit einem Damm umgiebt, kann in einem einzigen Jahre ein paar Jahrtausende mehr in die scharfsinnigen Berechnungen des europäischen Gelehrten hineinbringen.«

Eine einfache Ueberlegung zeigt auch, dass in einem Delta an keiner Stelle die auf den Zuwachs der Anschwemmungen sich beziehenden Berechnungen auf die gesammte Mächtigkeit derselben ausgedehnt werden können. Der Zuwachs der Anschwemmungen ist im Nil-Delta an verschiedenen Orten verschieden, wie sowohl die Beobachtungen an den Nilpegeln, als auch das Maass der Verschüttung von Monumenten, deren Alter bekannt ist, ergeben hat. So soll das Land bei

der Insel Elephantine in 1700 Jahren um 9 Fuss, bei Theben um 7 Fuss, und bei Heliopolis oder Kairo um 5 Fuss 10 Zoll in derselben Zeit angewachsen sein. Noch geringer ist die Erhöhung weiter draussen im Delta an den Mündungen. Da nun das ganze Delta durch die Anschwemmungen des Nil gebildet wurde, müssen die Verhältnisse, unter welchen die Ablagerungen stattfanden, als die Alluvionen noch nicht das ganze Thal erfüllten, welches früher eine schmale Meeresbucht darstellte, andere gewesen sein, sie haben sich für jeden Ort des Delta mit dessen allmählicher Vorrückung geändert und mit ihnen auch die Dicke der Schicht, welche alljährlich durch die Ueberschwemmung gebildet wurde. — Dies lehrt, dass nicht einmal die Alluvionen eines so regelmässig sedimentirenden Stromes aus ihrer Mächtigkeit einen Schluss auf die Zeitdauer mit einiger Sicherheit abzuleiten gestatten, wenn auch aus vielen Gründen eine Herabsetzung der Zeitdauer, welche KJERULF für die Bildung des Nildelta's bis auf 4000—6000 Jahre reduciren will, kaum stichhaltig sein dürfte. KJERULF findet unter allen Berechnungen folgende beiden am sichersten: Da GIRARD das vertikale Anwachsen des Nildelta's nach den Nilpegeln für einen Zeitraum von 1600 Jahren zu 0·126 Meter für ein Jahrhundert oder 1·26 Meter für 1000 Jahre angiebt, und da die Dicke des Nilschlammes bei Kairo, für welche Stelle jenes vertikale Wachsthum gilt, 8 Meter über dem fremden Sanduntergrunde beträgt, so würde dies als Alter des Nildeltas, von dem Scheitelpunkt bei Kairo ab gerechnet, 6350 Jahre ergeben. — Das Nildelta ist am Rande 40 geographische Meilen breit, die Höhe des Dreieckes beträgt 23 Meilen. Der Flächeninhalt beträgt also 264960 Millionen Quadratfuss. (26 Millionen Q.-M.). Nimmt man die Tiefe zu 10 Meter = 31·8 Fuss, so ist der Kubikinhalt des Nildelta's 8425728 Millionen Kubikfuss (260000 Millionen Kubikmeter) gross. EHRENBERG giebt die Menge der festen Bestandtheile, welche der Nil zur Zeit der Ueberschwemmung in 1 Sekunde herabführt, zu 130·9 Kubikfuss an. Dies giebt im Jahre 2064 Millionen Kubikfuss, es könnte sonach die Deltamasse des Niles in 8425728 : 2064 = 4082 Jahren herabgeführt worden sein. Gegen beide Berechnungen lassen sich indess gewichtige Bedenken geltend machen. Der Zuwachs bei Kairo betrug nicht immer 1·26 Meter für 1000 Jahre, er war wahrscheinlich in früherer Zeit geringer, da das Delta noch nicht soweit vorgebaut war, als dies heute der Fall ist. Gegen die zweite Rechnung spricht, abgesehen von dem Umstand, dass die EHRENBERG'sche Schätzung des durch den Nil herabgeführten Quantums an festen Bestandtheilen doch auf unzureichendem Beobachtungsmateriale fusst, das wichtige Bedenken, dass in ihr die Ablagerung des Materials ausserhalb des Delta's im Meere gänzlich ausser Acht gelassen wurde. Es haben aber alle Berechnungen, welche über das Alter eines Delta's angestellt werden, zwei Voraussetzungen: erstlich diejenige, dass sich das Niveau des aufnehmenden stehenden Wassers, sei es das Meer oder ein See, nicht geändert hat, zweitens die Voraussetzung, dass ebensowenig der Fluss und seine Führung von festen Bestandtheilen eine Aenderung erlitten habe. Es ist sehr fraglich, ob diese beiden Voraussetzungen für so lange Zeiträume, als sie die Bildung der grossen Delta's erfordert, berechtigt sind. Für den Nil würde eine kleine Aenderung der klimatischen Verhältnisse Abessiniens, dessen Gewässer hauptsächlich die schlammführenden Ueberschwemmungen herbeiführen, oder eine Verschiebung der Strandlinie, wie sie in anderen Theilen des Mittelmeeres nachgewiesen wurde, eine bedeutende Aenderung im Zuwachs des Delta's bewirken.

Wie schwierig es aber ist, das Alter der Deltabildungen richtig zu schätzen

lehrt am besten das drastische Beispiel des Mississippi-Delta's, dessen Alter nach der einen Berechnung 4400, nach andern aber 33000, 67000 oder gar 126000 Jahre betragen soll (vergl. den Artikel »die Deltabildungen« I, pag. 209).

Wenn aber nicht einmal die Alluvionen des Mündungsgebietes eines regel mässig-sedimentirenden Stromes aus ihrer Mächtigkeit die Zeitdauer ihrer Bildung mit einiger Sicherheit zu berechnen gestatten, so ist dies natürlich noch viel weniger bei den mannigfachen Bildungen des Meeres der Fall. Hier sind überaus grosse Gegensätze vorhanden, von welchen wenigstens einige beispielsweise hervorgehoben werden sollen. Wir wissen, dass im Allgemeinen der Bau riffbildender Korallen sehr langsam vor sich geht, doch kennt man andererseits auch Fälle ausserordentlich schnellen Wachsthums. So citirt DARWIN Beobachtungen von Dr. ALLAN an der Ostküste von Madagaskar, nach welchen auf einer Sandbank drei Fuss tief bei Ebbestand im Dezember 1830 gepflanzte Korallenstock-Fragmente im Juli 1831 nahezu das Niveau der Meeres bei Ebbestand erreicht hatten, — ebenso eine Mittheilung des Lieutenant WELLSTEAD, welche besagt, dass an einem Schiffe im persischen Meerbusen der kupferne Boden im Verlaufe von 20 Monaten mit einer 2 Fuss dicken Schichte von Korallen incrustirt war, welche zu entfernen grosse Kraft erforderte, als das Schiff in die Docks geschafft worden war. Dies sind jedoch Ausnahmsfälle, das Wachsthum der Korallen ist im Allgemeinen viel langsamer, doch haben die Versuche Dr. ALLAN's gezeigt, dass verschiedene Korallen-Arten sehr verschieden rasch wachsen, so dass neben den local günstigeren oder ungünstigeren Verhältnissen für das schnellere oder langsamere Anwachsen eines Korallenriffes auch das mehr oder minder häufige Vorkommen gewisser Arten entscheidend sein wird. Die Mächtigkeit von Korallenriffbildungen wird daher nicht in stetigem Verhältniss zu den Zeiträumen stehen, in welchen ihre Bildung erfolgte, selbst dann, wenn das Niveau des Meeres sich nicht ändert. Sinkt das Land oder steigt das Meer, so werden die Riffe viel grösere Mächtigkeit erreichen können, als unter der Bedingung der Stabilität der Küste.

Aber auch die anderen Absätze des Meeres zeigen in ihrer Mächtigkeit keineswegs ein stetiges Verhältniss zu dem Zeitraume, in welchem ihre Bildung erfolgte. Wenn auch ganz abgesehen wird von den grossen Unregelmässigkeiten, die in der Mächtigkeitt der marinen Sedimente durch die Zufuhr vom Lande her bedingt wird, da an einzelnen Stellen grosse Ströme gewaltige Sedimentmassen in die Meere tragen, während an anderen keine solche Zufuhr stattfindet, bleiben im Meere selbst Ursachen genug übrig, um grosse Contraste in der Mächtigkeit der abgelagerten Sedimente herbeizuführen. Windrichtungen, Ebbe und Fluth, Strömungen spielen da eine Rolle, noch mehr aber die Tiefe des Wassers, Factoren also, die im Laufe der Zeit grossen Veränderungen ausgesetzt waren. Die Tiefsee-Untersuchungen haben uns darüber belehrt, dass Kalkabsatz nur bis zu einer Maximal-Tiefe von 2700 Faden stattfindet, während in grösserer Tiefe die daselbst vorhandene Kohlensäure die hinabsinkenden Foraminiferen-Schälchen auflöst, und ein eigenthümlicher, rother Schlamm als unlöslicher Rückstand zum Absatz gelangt. Es ist klar, das diese Sedimente der Tiefsee an Mächtigkeit ausserordentlich hinter den Seichtwasser-Bildungen zurückstehen, so zwar, dass es bei geologischen Bildungen, deren bathymetrischer Charakter kaum stets mit wünschenswerther Genauigkeit festgestellt werden kann, ganz unmöglich ist, einen Schluss aus ihrer Mächtigkeit auf die zu ihrer Ablagerung nöthige Zeit mit einiger Sicherheit abzuleiten.

Ebenso gewaltig als der Contrast zwischen den rasch anwachsenden Ablagerungen des seichten Wassers und dem überaus langsamen Wachsthum der Tiefseebildungen ist jener zwischen der Mächtigkeit gleichzeitiger mariner und terrester Bildungen. Es sei in dieser Hinsicht an die geringe Mächtigkeit der vorwaltend aus terrestrischen Ablagerungen bestehenden Aequivalente der rhätischen Stufe in Mittel-Europa erinnert, deren gleichzeitige marine Bildungen in den Alpen über die hundertfache Mächtigkeit erreichen. Erwägt man alle diese Verhältnisse, so gelangt man unwillkürlich zu dem Schlusse, alle Versuche, aus der Mächtigkeit der Schichten auf die Zeit zu schliessen, welche sie zur Ablagerung brauchen, für vergeblich zu erachten. Und doch finden wir so häufig für die verschiedenen Formationen aus der durchschnittlichen Mächtigkeit Minimalzeiten angegeben, die freilich einer sicheren Begründung entbehren und hinter der wahren Zeitdauer gewiss weit zurückstehen.

Eine andere Methode, wenigstens die jüngsten geologischen Zeiträume absolut zu bestimmen, sucht nicht die für eine gewisse Mächtigkeit der Ablagerung nöthige Zeit, sondern im Gegentheil die für die Abtragung oder Erosion erforderliche zu berechnen. In dieser Hinsicht hat man insbesondere an Wasserfällen über deren allmähliches Rückwärtsschreiten Beobachtungen und Berechnungen angestellt.

Das bekannteste Beispiel liefert der Niagara-Fall. Der Niagarafluss bildet diesen Fall (oder richtiger diese Fälle, da der grosse Wassersturz durch Inseln und Felsen getheilt wird) auf seinem Laufe vom Erie-See zum Ontario-See, welch' letzterer 100 Meter tiefer liegt als ersterer. Oberhalb des Falles strömt der Niagara auf einer Hochebene, unterhalb in einer tiefen, steilwandigen Schlucht, welche er allmählich bis zu der heutigen Stelle des etwa 54 Meter hohen Falles ausgewaschen hat. Der grössere Theil des Falles führt den Namen Hufeisenfall von der halbkreisförmigen Krümmung der Felskante, über welche die Wassermassen herabstürzen — er ist 339 Meter breit, — der American-Fall nur 195. Die Felswände, über welche das Wasser herabstürzt, bestehen in ihrer oberen Hälfte aus festen, etwa 25 Meter hohen, mächtigen Kalkbänken der Silurformation, unter welchen leicht zerstörbare Schichten von Mergeln und Sehieferthonen lagern. Die letzteren werden ausgespült, die Kalkbänke unterwaschen, bis sie nachbrechen und so schreitet der ganze Fall langsam zurück. Nach einer Berechnung von Hall und Lyell beträgt dieses Zurückschreiten jährlich $\frac{1}{3}$ Meter. In diesem Falle hat der Niagara 36000 Jahre gebraucht, um die 9—10 Kilom. lange Schlucht unterhalb der Fälle zu bilden und es würde der Fall, wenn sein Rückschreiten stets im gleichen Maasse stattfinden würde, in weiteren 70000 Jahren den Erie-See erreichen. Allerdings hat Kjerulf gewichtige Bedenken gegen diese Berechnungen geltend gemacht, von denen insbesondere der Hinweis darauf beachtenswerth ist, dass der Niagara früher in einer engen Rinne arbeitete, während seine Kraft jetzt getheilt ist, und eine viel breitere Kante abträgt. Weniger berechtigt dürfte die Annahme sein, dass der Fall früher, wo er bloss über Kalkfels fiel, rascher zurückgegegangen ist, als jetzt, wo er auf einer geologischen Grenze arbeitet. Hingegen muss zugegeben werden, dass der Fall in seinem Rückwärtsschreiten beträchtlich gefördert worden wäre, wenn der Niagara in der Vorzeit grössere Wassermassen geführt hätte. Kjerulf glaubt, dass dies in der Champlain-Periode, welche der Eiszeit folgte und in welcher die grosse continentale Eisdecke Amerika's schmolz, der Fall gewesen sei und führt hierfür auch die alten Terrassen an, welche Gilbert in bedeutender Höhe über dem Wasserspiegel

des Erie-See's fand. Mag indess auch die Berechnung LYELL's um einige Jahrtausende unrichtig sein, so lehrt sie doch, welch' gewaltige Zeiträume für Erosionen nöthig sind, die geologisch gesprochen, den jüngsten Phasen der Erdgeschichte angehören. Dies lehren auch die Berechnungen, welche HEIM über die Erosion im Gebiete der Reuss angestellt hat, und welche deshalb angeführt werden sollen, so unsicher auch diese Berechnungen, sowie alle ähnlichen Versuche, geologische Vorgänge mit einem absoluten Zeitmaass zu messen, der Sache nach sein müssen, da eben der Fehlerquellen zu viele und zu bedeutende sind.

HEIM geht von der Auffüllung aus, welche an der Mündung der Reuss in den Vierwaldstädter See stattfindet. Seit der Reuss-Correction 1851 lässt die Reuss keine Geschiebe mehr unterwegs zerstreut im Thalboden bleibend liegen, auch findet sich unterwegs kein auffassender See; sie spült fast alle Geschiebe vollständiger als die meisten anderen Flüsse bis zu ihrer Mündung in den Vierwaldstätter-See. HEIM behauptet daher wohl mit Recht, dass das Gebirgsvolumen des Reussgebietes oberhalb der Reussmündung durch Verwitterung und Erosion um so viel abnimmt, als das Volumen des an der Mündung angeschwemmten Geschiebes beträgt. Die durchschnittliche, jährliche Geschiebe-Anschwemmung an der Reuss-Mündung im Vergleich zu der Grösse des Sammelgebietes der Geschiebe ist sonach der Maassstab für die Arbeitsleistung der vereinigten Verwitterung und Erosion. Die genaue Messung der Auffüllung, welche in den Jahren 1851—1878 an der Reuss-Mündung stattfand, ergab 3947050 Cubikm., — daher entfällt durchschnittlich per Jahr eine Auffüllung von 146187 oder rund 150000 Cubikm., da ein Abwägen aller Fehlerquellen nach HEIM die Zahl eher zu klein als zu gross erscheinen lässt Da das jetzige Sammelgebiet der Reuss eine horizontale Fläche von 825 Quadratkilom. hat, so war die jährliche Abspülung auf jedem Quadratkilom. des Reussgebietes durchschnittlich 182 Cubikm., was einem Abtrag von 1 Millim. in 5½ Jahren oder von 1 Meter in 5500 Jahren gleich kommt. Schätzt man die fein im See vertheilte Schlammmasse, die nicht im Delta zum Absatz kommt, auf ein Viertel der Geschiebemenge, so erhält man eine Correctur dieser Zahlen dahin, dass die durchschnittliche jährliche Abspülung auf jedem Quadratkilom. des Reussgebietes 242 Cubikm. beträgt, während ein Abtrag der Gebirgsoberfläche von 1 Millim. in 4 Jahren, von 1 Meter in 4125 Jahren erfolgt. HEIM erörtert sodann die alten Thalbodensysteme, welche sich im Reussgebiet unterscheiden lassen und berechnet die Thalhohlräume, welche diesen Systemen entsprechen:

Höhe der Thalbodensysteme über Meer in Metern:	Dazwischen gelegener Thalhohlraum in Cubikkilometern:
E = 1900—2200	
D = 1400—1600	IV = 163,8252
C = 900—1200	III = 40,0597
B = 600— 800	II = 21,5340
A = 437— 536	I = 4,7137

Mit Zugrundelegung des oben erörterten Maassstabes der Erosion ergiebt sich als die zur Ausspülung der Thalhohlräume nothwendige Zeit in runden Zahlen:

Für I	23	Jahrtausende
„ II	108	„
„ III	200	„
„ IV	820	„
„ I + II + III + IV . .	1151	„

So wenig diese Zahlen auf Genauigkeit Anspruch machen dürfen, lehren sie uns doch, dass die Zeiträume, welche die Erosion zur Bildung der Thalräume gebraucht hat, ausserordentlich gross gewesen sind. Und doch müssen die Zeiträume, welche der Niagara-Fall gebraucht hat, um rückschreitend die 1½ Meilen lange Schlucht von Queenstown bis zu der jetzigen Stelle des Falles zu schaffen, oder welche die Reuss bedurfte, um die von HEIM studirten Thalhohlräume zu erzeugen, um vieles kleiner sein als jene, welche der Colorado-Fluss in Anspruch nehmen musste, um ohne Hülfe der Verwitterung sein 60 Meilen langes und bis 2000 Meter tiefes Schluchtensystem theilweise in die härtesten Gesteine einzuschneiden.

Es giebt jedoch noch viele andere Erscheinungen, welche verbürgen, dass die geologischen Bildungen sehr bedeutende — nach menschlichen Begriffen fast unermessliche — Zeiträume in Anspruch genommen haben. Man weiss, dass die grossen Vulkane ihre Entstehung nicht einzelnen Ausbrüchen, sondern durch sehr lange Zeit wiederholten Eruptionen verdanken. Unzählige Eruptionen müssen stattgefunden haben, um einen Berg wie den Aetna zu erzeugen — es ist aber fraglich, ob der nach Jahren schwer zu berechnende Zeitraum, welchen ein Berg wie der Aetna brauchte, um allmählich zu seinen riesigen Dimensionen emporzuwachsen, nicht noch weit übertroffen wird von jenem Zeitraum, der nöthig ist, um einen solchen Berg durch Erosion und Denudation wieder bis zu solchen Ruinen abzutragen, wie sie heute die Euganeen darstellen. Vergleichen wir aber mit dem Aetna die hawaiischen Riesenvulkane, welche vom Grunde der Tiefsee mit flacher Böschung an 10000 Meter emporsteigen, und vergegenwärtigen wir uns, dass diese ungeheuren Massen zumeist aus unzähligen übereinandergeflossenen dünnen Strömen glasiger Lava bestehen, so müssen wir zugeben, dass diese colossalen Vulkane, deren Bildung der gegenwärtigen geologischen Epoche angehört, noch ungleich länger zu ihrer Entstehung gebraucht haben. Die geologische Untersuchung der Sandwich-Inseln hat jedoch gelehrt, dass auf den kleineren Inseln des Archipels grosse Domvulkane von ähnlichem Bau, wie die riesigen Feuerberge Hawai's in hohem Grade durch die Erosion zerstört und abgetragen worden sind, so dass zu der langen Periode ihrer Bildung noch die vielleicht noch längere ihrer Denudation hinzukommt.

Wir erhalten demnach auch durch Betrachtung der Erosion und Abtragung eine Vorstellung von der ungeheuer langen Dauer der geologischen Zeiträume. Es mag gestattet sein, diesbezüglich noch auf den Umstand hinzuweisen, dass die grossen Kettengebirge, welche durch die Rindenrunzelung des Planeten gebildet wurden, nur vorübergehende Erscheinungen auf dem Antlitz der Erde darstellen, da die Erosion uud Abrasion stets bestrebt sind, die Niveaudifferenzen auszugleichen und alte Hervorragungen abzutragen. Die Masse der Alpen scheint uns ungeheuer gross — nach HEIM beträgt jedoch der Rauminhalt des gegenwärtig noch vorhandenen, über den Meeresspiegel sich erhebenden Gebirges in den innern Ketten der Alpen nur etwa die Hälfte der ursprünglich angestauten Massen. Die Gipfel der Centralmassen mögen einst 1000 bis 2000 Meter höher gewesen sein. Wie lang mag der Zeitraum gewesen sein, welchen die Erosion zu dieser enormen Arbeitsleistung brauchte? Und doch wissen wir, dass dieser Zeitraum nur den jüngsten Phasen der Erdgeschichte entsprechen kann.

Es mag an dieser Stelle auch daran erinnert werden, dass man bei Berechnung der geologischen Zeiträume nicht bloss von der Mächtigkeit der Ab-

lagerungen ausgehen darf, sondern auch die Zeiten berücksichtigen muss, welche nothwendig waren, um jene ungeheuren Denudationen zu gestatten, deren Spuren wir an jenen Orten der Erdoberfläche erkennen, wo alte Kettengebirge bis zu ihren Grundlagen abgetragen worden sind. So erkennen wir an einem Theile der grossen nordamerikanischen Seen, bis zum See Winipeg und in dem südlichen Theile der russischen Ebene in gänzlich niedergehobeltem Grundgebirge die Spuren grosser gefalteter Gebirge, deren äussere Gestalt durch die tiefe Abtragung völlig verloren gegangen ist. —

Eine bei dem ersten Anschein sehr bestechende Methode, absolute Werthe für die geologischen Zeiträume zu gewinnen, nimmt auf die allmähliche Temperaturabnahme des Planeten Bezug. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auf der Oberfläche der Erde einst eine viel höhere Temperatur herrschte, als die heute der Fall ist. Abgesehen von der Rücksicht auf die kosmogenetischen Verhältnisse zwingt schon die Verbreitung tropischer Pflanzen- und Thierformen über die ganze Erdoberfläche in früheren Epochen zu der obigen Annahme. Es ist allerdings nicht so leicht, einen sicheren Werth für die Zeit zu erhalten, welche hinreicht, um die Eigenwärme des Planeten an seiner Oberfläche um einen Grad zu erniedrigen; aber gesetzt auch, es wäre diese Zeit vollkommen genau bekannt, so würde es noch ungleich schwieriger sein, die mittlere Temperatur irgend einer Periode zu bestimmen, um aus der Differenz die Anzahl der Jahrtausende zu berechnen, welche zu der entsprechenden Abkühlung nöthig waren. Zu welch eigenthümlichen, mit allen übrigen geologischen und palaeontologischen Erfahrungen im Widerspruch stehenden Resultaten man auf diesem Wege gelangen kann, mag das Beispiel HAUGHTON's zeigen, welcher das Problem in einer Abhandlung über die Klimate geologischer Zeiten behandelt hat[1]). HAUGHTON geht davon aus, dass die oft zur Erklärung angezogene Hypothese von der Verschiebung der Pole unzulässig ist, um die Aenderungen im Klima der verschiedenen geologischen Formationen zu erklären. Es ist seiner Ansicht nach unmöglich, grosse Aenderungen in der Lage der Pole als Ursache für die Veränderung der geologischen Klimate anzunehmen, weil, so zahlreiche Beweise auch für ein warmes Klima nahe dem Nordpol in früheren geologischen Perioden vorhanden sind, kein einziges Vorkommen von arktischen Fossilien in den Tropen konstatirt werden konnte. Man sei vielmehr zu dem Schlusse berechtigt, dass bis etwa in die mittlere Tertiärzeit die Klimate hauptsächlich von der inneren Wärme der sich abkühlenden Erde abhingen. Dann aber könnten wir die in fossilem Zustande aufbewahrten Pflanzen und Thiere der arktischen Gegenden als selbstregistrirende Thermometer bezeichnen, welche in den Perioden der Erdgeschichte die mittlere Temperatur verzeichneten. Ausser denselben hätten wir noch: die jetzige Temperatur der arktischen Gegenden, die direkt beobachtet ist, und zwei andere Temperaturen, die durch physikalische und physiologische Bedingungen bestimmt sind; dies sind die Temperaturen des siedenden Wassers und die, bei welcher Eiweiss gerinnt. Es konnten keine geschichteten Felsen auf der Erde sich gebildet haben, bevor der erste Punkt der Abkühlung erreicht war, da kein Wasser vorhanden war, sie zu bilden; und es konnte kein Leben auf der Erde existirt haben, bevor sie sich auf die letztere Temperatur abgekühlt hatte:

HAUGHTON stellt daher für die arktischen Gegenden folgende Skala der successiven Temparatur auf:

---

[1]) »Nature« Vol. XVIII, pag. 266.

1. 212° F: Sieden des Wassers
2. 122° F: Gerinnen des Eiweisses
3. 68° F: Triadische und jurassische Zeit
4. 48° F: Miocäne Tertiärzeit
5. 32° F: Klima von Labrador
6. 0° F: Jetziges Klima.

Die Zwischenzeit zwischen der ersten und der zweiten Temperaturangabe entspräche den azoischen Felsen; das Intervall zwischen der zweiten und dritten den palaeozoischen und jenes zwischen der dritten und vierten den neozoischen Bildungen.

Gegen diese HAUGHTON'schen Temperaturstufen wäre zu erinnern, dass sich die erste nicht unwesentlich aus dem Grunde verschiebt, weil der Druck der Atmosphäre zur Zeit, als sich das erste tropfbarflüssige Wasser auf dem Planeten bildete, viel bedeutender war, als gegenwärtig, daher auch schon bei höherer Temperatur Wasser existiren konnte. Ferner erscheinen die mittleren Temperaturen für Trias und Jura, sowie für die Tertiär-Epoche willkürlich angenommen. HAUGHTON hätte ebenso gut 78° wie 58° F. als mittlere Temperatur der mesozoischen Epoche angeben können, da die wenigen lebenden Verwandten der damaligen Gewächse kaum zu einem sicheren Schluss in dieser Richtung hinreichen. Derartige Verschiebungen aber bedeuten hunderttausende von Jahren in den bezüglichen Berechnungen.

Es ist sodann zu erwägen, dass die Unterscheidung der älteren sogenannten »azoischen« Sedimente von den jüngeren, Reste organischen Lebens enthaltenden, eine ganz willkürliche, nur auf der Mangelhaftigkeit der palaeontologischen Ueberlieferung sich stützende ist. Denn höchst wahrscheinlich wurde eine gewaltige Masse sogen. azoischer Gebilde zu einer Zeit abgelagert, da längst organisches Leben auf der Erde herrschte, die betreffenden Lebewesen aber entweder keine Harttheile besassen, welche sie zum Gegenstand der Versteinerung hätten machen können, oder zwar Reste hinterliessen, welche durch spätere Umbildungsprocesse gänzlich zerstört oder wenigstens bis zur Unkenntlichkeit verändert wurden. Es hat deshalb wenig Werth, wenn HAUGHTON die Procentverhältnisse der Zeit, die sich aus der Abkühlung der Erde ergeben, mit den Procentverhältnissen der grössten Dicke der Ablagerungen in folgender Weise vergleicht:

Periode:	Abkühlung:		Dicke der Schichten:
Azoisch	(212—122° F.)	33·0 %	34·3 %
Palaeozoisch	(122— 68° F.)	40·0 %	42·5 %
Neozoisch	(68— 48° F.)	26·0 %	23·2 %

HAUGTHON findet die Uebereinstimmung zwischen diesen aus ganz verschiedenen Quellen abgeleiteten Zahlen bemerkenswerth (wiewohl beide Zahlenreihen nur auf ziemlich willkürlichen Annahmen beruhen, und daher wohl kaum besondere Beweiskraft besitzen) — es scheint ihm diese Uebereinstimmung den von vielen Geologen angenommenen Satz zu bekräftigen, dass das geeignetste relative Maass der geologischen Perioden die grösste Dicke der Schichten ist, die während dieser Perioden gebildet wurden. Doch dürfte man eher berechtigt sein, beide Hüfsmittel der Schätzung der geologischen Epochen als unzulänglich und zu vielen Irrthümern Anlass gebend zu verwerfen. HAUGTHON's Bestrebungen, dem geologischen Zeitmaass näher zu kommen, werden schon durch eines seiner Hauptresultate wiederlegt. Er gelangt nämlich durch seine Berechnungen zu dem

Schlusse, dass uns ein grösseres Zeitintervall von der miocänen Tertiärzeit trenne, als jenes, welches während der Ablagerung aller secundären und tertiären Schichten von der Trias bis zum Miocän verstrichen ist. Wenn man jedoch überlegt, welche ungeheure Entwicklung das organische Leben von der Trias, deren untere Etagen eine Fauna von ganz palaeozoischem Habitus besitzen, bis zum mittleren Tertiär durchgemacht hat, während zwischen Miocän und Gegenwart eine verhältnissmässig unbedeutende Veränderung stattfand, (eine Erwägung, die auch durch die Vergleichung der Mächtigkeit der betreffenden Sedimente weitere Unterstützung findet, wenn man schon auf dieses Hülfsmittel Wert legen will), so wird man kaum in der Lage sein, den Ausführungen HAUGHTON's beizupflichten. Dieser meint zwar, dass das enorme Zeitintervall, welches uns von der miocänen Epoche trennt, reichlich Gelegenheit biete für die Entwickelung der riesigen Säugethiere, von denen man gewöhnlich annehme, dass sie auf allen Continenten plötzlich aufgetreten und plötzlich verschwunden seien. Gerade die Filiation der Säugethiere aber verlangt einen ungemein langen Zeitraum zwischen Kreide und Miocän, in welchem Intervall die Entwickelung der Hauptstämme der Klasse erfolgte, während die miocänen Säugethiere (wenige aberrante und seither ausgestorbene Typen abgerechnet) den lebenden bereits sehr nahe stehen. Man kann mit Fug und Recht, bloss auf die Entwickelung des Säugethierstammes gestützt, behaupten, dass der ältere Zeitraum des Tertiär-Systemes bis in die Mitte der Miocänstufe ungleich länger gewesen sei als jenes Intervall, welches uns von der Miocänzeit trennt. Wir sehen demnach, dass die Abkühlung der Erde uns bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse kaum sichere Anhaltspunkte für die Abschätzung der geologischen Zeiträume liefern kann.

Ebensowenig ist dies hinsichtlich der periodischen Eiszeiten oder der periodischen Umsetzung der Meere der Fall, welche man in neuester Zeit herangezogen hat, um nicht nur gleichwerthige Zeitabschnitte in der Geschichte der Erde festzustellen, sondern dieselben auch mit absolut sicherem Maass zu messen. Die Periodicität der Eiszeiten oder der Umsetzung der Meere wäre allerdings ein sehr bequemes Mittel, um nicht bloss relativ, sondern auch absolut sicheres geologisches Zeitmaass zu erhalten, allein es lässt sich nicht leugnen, dass die bezüglichen Verhältnisse uns heute noch nicht in wünschenswerther Klarheit bekannt sind. Es ist gegenwärtig noch nicht einmal sicher gestellt, dass es in bestimmten Perioden wiederkehrende Eiszeiten giebt, so wahrscheinlich es auch gewisse Erscheinungen machen, dass schon in der Reihe der älteren Formationen Glacialperioden eingetreten sind. E. SUESS[1]) hat auf den bemerkenswerthen Umstand aufmerksam gemacht, dass die auffallenden Transgressionen in Nord- und Mittel-Europa stets mit dem Vorkommen eingestreuter, fremder Gesteinsblöcke zusammenfallen, bezüglich welcher man den Eistransport anzunehmen geneigt ist. SUESS betont, dass in allen besonders auffallend übergreifenden Ablagerungen, welche dem unterem Theile der permischen Formation, dem oberen Jura in seiner arktischen Entwicklung mit *Aucella mosquensis*, der mittleren und oberen Kreide, der Oligocänzeit und endlich der Diluvialperiode angehören, eisgetragene Blöcke als vorkommend angeführt werden: »Im Rothliegenden hat sie RAMSAY seit langer Zeit beschrieben; im oberen Jura Schottland's und zwar gerade in Begleitung des *Ammonites alternans*, welcher im russischen Jura wieder auftaucht und bis an die Petschora reicht, hat sie JUDD nachgewiesen, aus dem Cenoman von Cambridge kennt man sie durch SOLLAS; aus der weissen Kreide hat sie GODWIN AUSTEN

[1]) Entstehung der Alpen, pag. 117—120.

schon vor längerer Zeit beschrieben; die Austreuungen grosser Blöcke in die oligocänen Flyschmassen des Alpensystems bis ins südliche Italien ist seit lange bekannt, ebenso jene der Diluvialzeit. Ich will hinzufügen, dass in ähnlicher Weise einige entfernte Anzeichen für die rhätische Stufe sprechen.« Wenn Suess von diesen Betrachtungen meint, dass sie mit manchen der Voraussetzungen der zahlreichen Nachfolger Adhemar's übereinstimmen, welche bald, wie Croll einen periodischen Wechsel der Temperatur, bald wie Schmick eine abwechselnde Anhäufung des Meeres an dem einen oder andern Pol annehmen, so muss dagegen erinnert werden, dass die von letzteren berechneten Perioden viel zu kurz für die geologischen Zeiträume, wie auch der Betrag der von Schmick und Pilar angenommenen Umsetzung des Wassers viel zu gering für die Erklärung der grossartigen Transgressionen erscheint. Es ist jedoch möglich, dass ausser den von Adhemar und seinen Nachfolgern studirten kleineren Perioden noch eine weitaus grössere existirt, welcher wir die grossen, von einander durch ungeheure Zeitintervalle getrennten Transgressionen zuzuschreiben hätten. Es liegt jedoch in der Natur der Sache, dass es dem kurzlebigen Menschengeschlechte nur sehr schwer gelingen wird, über die Periodicität so entfernter Erscheinungen Klarheit zu gewinnen. Wir stehen diesbezüglich erst an der Schwelle der Erkenntniss.

Man hat es indess schon jetzt versucht, die auf der Variation der Erdbahnexentricität und den Umlauf des Aphels und Perihels beruhenden Perioden zum Zwecke der geologischen Zeitbestimmung zu verwerthen.

Am weitesten sind in dieser Hinsicht A. Blytt und Ch. Mayer-Eymar gegangen. Der erstere hat in einer Abhandlung über Wechsellagerung und deren muthmaassliche Bedeutung für die Zeitrechnung der Geologie den Nachweis zu führen gesucht, dass lange klimatische Perioden der Grund gewesen sind für die periodisch wechselnde Beschaffenheit sowohl der Gesteinsschichten, als auch der sie bevölkernden Thierwelt.

Blytt geht aus von der aus der Betrachtung von Uebersichtsprofilen geologischer Schichtenreihen gewonnenen Wahrnehmung, dass das Verhältniss zwischen Meer und Land zu allen Zeiten periodischen Aenderungen unterworfen gewesen sei, und dass dieser Umstand sich im Wechsel der Schichten abgespiegelt habe. Süsswasserbildungen und Landformationen wechseln mit Brackwasserbildungen und Meeresablagerungen und unter den letzteren begegnet man wieder einer Abwechslung von Strandbildungen und solchen, die tieferes Wasser voraussetzen. Je nach dem Vorrücken oder Zurückweichen der Uferlinie musste die Bildungsstätte der Schichten bald über dem Meeresspiegel liegen, bald in seichtem, bald in tiefem Wasser. Ausserdem findet sich aber noch durch alle geologischen Schichtenfolgen hindurch ein Wechsel im Kleinen. Denn genauere Durchschnitte zeigen oft innerhalb der grösseren Schichtengruppen eine weitere Wechsellagerung, insofern untergeordnete Schichten einer anderen Art sich wechsellagernd in die Bergart einschalten, welche die Hauptmasse der Schichtengruppe ausmacht. Auch diese Wechsellagerung kann, wo es sich um Meeresbildungen handelt, zuweilen einer Verschiebung der Uferlinie zugeschrieben werden; ebenso mag hier Vieles auf Rechnung örtlicher Verhältnisse zu setzen sein. Vom grössten Theile dieser Wechsellagerung im Kleinen glaubt Blytt jedoch, dass derselbe seinen Grund in einer nach längeren Zeiträumen wiederkehrenden klimatischen Periode hat. Blytt hat in seiner Theorie der Einwanderung der norwegischen Flora gezeigt, dass das Klima periodischen Aenderungen unterworfen ist, weil die Meeresströme im Laufe längerer Zeiträume abwechselnd an Stärke ab- und zunehmen. Wenn

der warme, nordatlantische Strom zunimmt, muss das Küstenklima tiefer ins Binnenland eindringen und in Folge dessen die Regenmenge daselbst wachsen. Blytt findet diese Theorie nicht nur durch die Verbreitung der Pflanzen, sondern auch durch den Bau der Torfmoore, sowie durch das Auftreten der Moränen des Binneneises in aufeinander folgenden Reihen bestätigt, er betont ferner, dass sie die Erklärung liefere für das stufenweise Auftreten der Terrassen und Strandlinien und das Fehlen der Muschelbänke in gewissen Höhen, ohne dass man dabei zu Unterbrechungen in dem sogenannten Steigen des Landes eine Zuflucht zu nehmen braucht; und unterstützt endlich seine Ansicht durch die von anderen Autoren angenommenen Einwirkungen klimatischer Veränderungen auf die Verschiedenheit aufeinander folgender Ablagerungen. So hat v. Richthofen in seinem Werke über China den Nachweis geliefert für eine periodische Aenderung der Regenmenge in der Zeit, in welcher sich der Boden der asiatischen Steppen, der Löss bildete. Für ähnliche Aenderungen des Klima's sprechen auch Geikie's Untersuchungen über die Gebilde der Eiszeit. E. Tietze hat die Wechsellagerung von Gyps und Salz in den galizischen Tertiärablagerungen durch klimatische Aenderungen zu erklären gesucht, und dabei die Ansicht ausgesprochen, dass man bisher die klimatischen Ursachen zu wenig zur Erklärung der geologischen Phänomene herangezogen habe. Wenn man dies alles zusammenfasst, meint Blytt, wird man kaum länger an der Thatsache solcher Perioden zweifeln. Sehr deutlich treten diese Perioden in den norwegischen Bildungen der Postglacial-Zeit hervor. In niedersteigender Reihe findet man hier folgende Schichten: Gegenwart (trockene Mooroberfläche mit mit Moos überwachsenen Wurzelresten), Torf, Wurzelschicht, Torf, Wurzelschicht, Torf, Wurzelschicht, Torf, Dryasthon, Grundmoräne. In den höher gelegenen Gegenden trifft man diese Reihe der Landbildungen vollständig, in den niedriger liegenden sind die tieferen Schichten durch Meeresbildungen ersetzt. Es ruhen z. B. viele Torfschichten nicht auf Süsswasserthon, sondern auf Mergelthon, einer arktischen Meeresbildung, und in noch grösserer Nähe des Meeres findet man statt der älteren Torfschichten einen jüngeren Meeresthon mit *Ostrea* u. s. w. unter dem Torfe. — Blytt verweist darauf, dass in den postglacialen Ablagerungen des mittleren Schweden ähnliche Wechsellagerungen zu beobachten sind und zeigt, dass sich der Wechsel trockener und regnerischer Zeiten auch in den Meeresablagerungen abspiegelt. Bei Voss in der Nähe von Christiania liegt nach Kjerulf zu oberst Ziegelthon, darunter Muschelthon, in drei dicken Bänken (zusammen 20 Fuss) und zu unterst Mergelthon und Sand. Diese Thonablagerung ist sowohl nach der Art ihrer Schalthiere als nach der Zahl ihrer Schichten von gleichem Alter wie die oben erwähnte Süsswasserbildung, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt:

Ziegelthon	Torf
Muschelthon	Torf
Muschelthon	Torf
Muschelthon	Torf
Mergelthon	Dryasthon.

Blytt meint, dass eine genauere Durchforschung der norwegischen postglacialen Sand- und Thonschichten zu dem Ergebniss führen würde, dass die Uebereinstimmung, welche sich zwischen den Torfmooren und den Meeresbildungen bei Voss nachweisen liess, von durchgehender Geltung sei. Dieser periodische Wechsel von trockenen und feuchten Zeiten müsse aber auch in den älteren Meeresbildungen zu spüren sein, ja durch alle geologischen Formationen hindurch sich

nachweisen lassen. Die Schichten, aus welchen die bekannten Formationsreihen sich aufbauen, sind in der Nähe des Landes gebildet, so dass die periodischen Variationen der Regenmenge Einfluss auf ihre Bildung gehabt haben müssen. Wenn das Klima regnerischer wird, schwellen die Flüsse an. Grosse Flüsse liefern dem Meere mehr Ablagerungsmaterial als kleine; wenn nun die Wassermenge der Ströme im Laufe der Zeit abwechselnd sich vermehrte oder verminderte, so mussten während der Regenzeiten sich auskeilende Schichten gröberer Stoffe zwischen den feineren sich einlagern. Wenn der Fluss zeitweise Sand bis zu seiner Mündung führte, so musste hier Sand mit Thon wechsellagern, und weiter von der Mündung entfernt Thon mit Mergel u. s. w. Eine Schicht, welche sich zu einer fast unmerklichen Dicke auskeilt, wird eine Bankbildung in den Schichten veranlassen, mit welchen sie wechsellagert. Blytt verweist diesbezüglich auf Pfaff's Erklärung der Bankung der Kalksteine, nach welcher die Bankbildung derselben von einer fast unmerkbaren Schicht mechanisch gefällter Stoffe herrührt, die sich zwischen die auf chemischem Wege niedergeschlagenen Kalkbänke eingeschaltet hat. Bankbildung kann auch entstehen durch eine zeitweilige Unterbrechung der Schichtenbildung, wie dies bei vielen bankartigen Torflagern der Fall ist und auch beim Löss vorkommt, bei welchem letzteren die Grenze zwischen den Bänken durch lagenweise geordnete Mergelknollen angedeutet wird. Während dieser zeitweiligen Unterbrechung wurde den älteren Schichten Zeit gegeben, wenigstens auf der Oberfläche eine Aenderung einzugehen, ehe die Bildung der neuen Schicht begann, und diese Abänderung der Oberfläche gab später den Anlass dazu, dass Mergelknollen u. dergl. sich gerade in diesen für das durchsickernde Wasser weniger durchlässigen Schichten bildeten. Blytt wirft die Frage auf, ob nicht auch vielleicht die Feuersteinlagen in der Kreide auf Aenderungen des Klima's während der Kreidebildung hindeuten sollten.

Die abwechselnden Schichten, deren Bildung Blytt auf den Wechsel von trockenen und regnerischen Zeiten zurückführt, sind an Stellen, wo grosse Flüsse sich ins Meer ergossen haben, oft sehr mächtig und können eine Dicke von vielen Metern erreichen, an anderen Stellen aber, wo geringere Zufuhr stattfand, bildeten sich viel weniger mächtige Schichten, von welchen Blytt trotzdem annimmt, dass sie denselben klimatischen Schwankungen ihren Ursprung verdanken. Blytt betont diesbezüglich mit Recht (vergl. oben), dass man überhaupt nicht aus der Dicke der Schichten auf die Länge der Zeit schliessen darf, welche zu ihrer Bildung gebraucht wird. Dies erhellt schon daraus, dass dort, wo dünne Schichten von verschiedener Beschaffenheit miteinander wechsellagern, häufig die eine Gebirgsart eine andere Zusammenstellung von Versteinerungen einschliesst als die andere. Die Schichten konnten sich dann, mögen sie auch noch so dünn sein, nicht sehr rasch bilden, denn vorausgesetzt, dass die Versteinerungen von Thieren herrühren, die an Ort und Stelle gelebt haben, musste doch ein langer Zeitraum verstreichen, um das Thierleben am Ablagerungsort nach der Natur des Meeresgrundes sich verändern zu lassen; auch mussten oft viele Generationen von Thieren während der Bildung einer Schicht auf einander folgen, da die Schichten oft mit Versteinerungen überfüllt sind. Blytt macht auch darauf aufmerksam, dass in manchen Fällen Schichten mit Resten von durchaus verschiedenen Thieren, welche verschiedenen Zeitabschnitten im geologischen Sinne eigenthümlich sind, mit einander wechsellagern. So wechsellagern in den südöstlichen Alpen zwischen Perm und Trias permische Kalkschichten und triasische Schiefer (Bellerophonkalk und Werfener Schiefer), im istrianischen Karst die

obersten Kalkschichten der Kreide mit den ältesten eocänen Gebilden und auch BARRANDE's Kolonien erklärt BLYTT durch klimatische Perioden, indem er den Ausführungen BARRANDE's in soweit folgt, als derselbe die Einschaltung der Kalkknollenschichten mit der obersilurischen Fauna zwischen die untersilurischen Schiefer als ursprünglich und nicht durch spätere Schichtenstörung entstanden betrachtet. BLYTT meint jedoch, dass dort, wo Schiefer und Kalk mit einander abwechseln, die Schieferschichten auf ein wärmeres Meer, ein regnerisches Klima und grössere Schlammzufuhr hindeuten dürften, dass die »Kolonien« demnach nicht durch Aenderungen in der Vertheilung von Wasser und Land, sondern durch lange klimatische Perioden zu erklären seien.

Ausser der Verschiebung der Küstenlinie und dem Wechsel trockener und regnerischer Zeiträume giebt es aber noch andere Ursachen, die eine Wechsellagerung veranlassen könnten. BLYTT denkt hierbei an mehr örtliche und vorübergehende Aenderungen der Verhältnisse und führt folgendes Beispiel hierfür an. In den Terrassen, welche sich unter dem sogen. Aufsteigen Norwegens an den Flussmündungen bildeten, findet man oft eine Wechsellagerung von Sand und Grus in dünnen Schichten. Jede der Terrassen entspricht einer klimatischen Periode und die Wechsellagerung innerhalb der einzelnen Terrassen ist daher auf periodische Ursachen kürzerer Dauer zurückzuführen wie z. B. auf Eisgänge, Hochwasser und Aehnliches.[1]) In den Bildungen der Eiszeit findet man oft Wechsellagerungen von Grus und Sand; aber der Wechsel ist auch an ziemlich benachbarten Punkten ein verschiedener, da linsenartige Sandmassen sich hie und da eingelagert finden. Solche Wechsel müssen durch locale Ursachen erklärt werden. Der Mergelthon bildete sich während des Abthauens der binnenländischen Eis-

[1]) In derartigen Wechsellagerungen mag sich zuweilen der Einfluss der Jahreszeiten aussprechen. BLYTT ist auf diese kürzesten Perioden, welche zuweilen sehr regelmässige, den Jahresringen eines Baumes vergleichbare Ablagerungen herbeiführten, an welchen man das absolute Alter derselben fast direkt ablesen kann, nicht eingegangen. Die bekanntesten Fälle, in welchen sich der Einfluss der Jahreszeiten deutlich zeigt, betreffen die Süsswasserbildungen von Oeningen und die Salzlager von Stassfurt; bezüglich der ersteren hat HEER gezeigt, dass sich der Einfluss der Jahreszeiten deutlich in den Blätterschichten erkennen lasse, welche alljährlich durch das Abwerfen des Laubes verursacht werden. Das Salzlager von Stassfurt wird nach der chemischen Zusammensetzung von unten nach oben in die Steinsalz-, Polyhalit-, Kieserit-, und Carnallit-Region geschieden, die Bildung erfolgte in der Weise, dass alljährlich während der nassen Jahreszeit reichlicher Wasserzufluss in die Mulde stattfand, während der wärmeren Jahreszeit aber ähnlich wie es heute im Elton-See in der Kirgisensteppe der Fall ist, die Verdunstung über den Zufluss siegte und Salz zur Ablagerung kam, und zwar zuerst Gyps und Anhydrit, dann Kochsalz. Die oben sich ansammelnden leichter löslichen Salze blieben entweder flüssig oder wurden durch späteren Wasserzufluss wieder aufgelöst, wenn sie sich schon niedergeschlagen hatten. Da ihre Lösung aber immer concentrirter wurde, lagerten sie sich endlich mit dem noch hinzukommenden Kochsalz und schwefelsaurem Kalk ebenfalls ab, wobei stets die schwerer löslichen Salze zuerst ausgeschieden wurden. Der Wechsel der Jahreszeiten ist insbesondere in den Schichten der 240 Meter mächtigen Steinsalzregion deutlich zu erkennen, welche aus zahlreichen vielfach gewundenen, 1—6 zölligen Schichten reinen Steinsalzes bestehen, die durch schmale, höchstens ¼ Zoll dicke Anhydrit-Streifen getrennt werden. Nimmt man an, dass diese einzelnen Schichten dem Jahresniederschlag entsprechen, so erhält man für die Bildung dieses Lagers eine Zeitdauer von etwa 2000 Jahren, die höheren Regionen mögen noch ungleich grössere Zeiträume in ihrer Bildung in Anspruch genommen haben. — Wir sehen in beiden Fällen, in jenem von Oeningen, wie in dem von Stassfurt Wechsellagerung, welche sehr kurzen Perioden entspricht, und können mit einiger Sicherheit die absolute Zeit, welche zur Bildung nöthig war, abschätzen und in Jahren ausdrücken.

decke. Die Zufuhr war damals eine sehr reiche, und die Thonlager zeigen eine Wechsellagerung von Sand und Thon von verschiedener Farbe in dünnen Schichten, welche oft kaum die Dicke von einigen Millimetern erreichen. Es kann Niemand in den Sinn kommen, annehmen zu wollen, dass eine derartige Wechsellagerung eine lange Periode zu ihrer Bildung in Anspruch nimmt. Solche schnell gebildete Schichten bestehen gern aus gröberem Stoffe, besonders Conglomerat und Sand und pflegen gar keine oder doch nur wenige Versteinerungen zu enthalten, jedenfalls keine von solchen Pflanzen- und Thieren, die an Ort und Stelle lebten. Der heftige Strom kann natürlich Pflanzen und Thierreste von anderen Orten herangespült und sie in den betreffenden Schichten abgelagert haben, aber derartige Reste treten zufällig auf, und ihr Vorkommen ist kein Zeugniss für eine ruhige langsame Bildung der Schicht, wie dies bei jenen Versteinerungen von Thieren der Fall ist, welche an Ort und Stelle gelebt haben und gestorben sind. In den Bildungen der Steinkohlenzeit findet man jedoch aufrecht stehende, bis 15 Fuss hohe Baumstämme, welche von Sand und Thon umgeben sind, wobei letztere sogar bisweilen wechsellagern. Es ist augenscheinlich — sagt Blytt — dass eine derartige Wechsellagerung Verhältnissen localer Natur ihren Ursprung verdankt, und dass die Zufuhr reichlich gewesen sein muss, denn sonst wären die Stämme gefault, ehe sie begraben werden konnten. Gerade diese reiche Zufuhr ist nach Blytt der Grund dafür, dass die Kohlenlager sich bis auf unsere Tage erhalten haben. —

Wechsellagerungen, wie sie die Terrassen Norwegens aufweisen, bildeten sich nur an Orten, wo die Zufuhr reichlich war, also auf dem Lande oder in der Nähe desselben. Solche Ablagerungen werden desshalb aber auch der Zerstörung besonders ausgesetzt sein, wenn die Uferlinie sich verschiebt. Wo ein grosser Strom viel Material in das Meer hinausführt, werden sich freilich mächtige Schichten in kurzer Zeit bilden können, wenn aber diese Schichten über das Meer gehoben werden, sind sie durch eben denselben Strom, der sie gebildet, einer raschen Zerstörung ausgesetzt. Sobald die Hebung der Terrasse ihren Anfang nimmt, beginnt der Strom mit der Verwüstung seines eigenen Werkes, und es giebt wohl kaum viele Flussterrassen, welche bis in entfernte Zeiten ausdauern werden. Schichten, welche in weiterer Entfernung von den Flussmündungen und ferner vom Lande abgelagert werden, haben bedeutend grössere Aussicht auf Erhaltung für spätere Zeiten. Ehe sie aus dem Meere auftauchen, werden sie nämlich bereits von anderen Schichten bedeckt und dadurch besser gegen zerstörende Einflüsse geschützt sein. Blytt nimmt desshalb mit Recht an, dass es besonders derartige, langsam gebildete Schichten sind, aus welchen die Hauptmasse der geologischen Schichtenreihen sich aufbaut, und dass demgemäss die Wechsellagerung in der Regel einer an längere Zeiträume gebundenen Periode ihre Entstehung verdankt.

Blytt hat bei seinen Untersuchungen der Torfmoore, welche ihn zuerst auf die Annahme wechselnder Klimate geführt haben, die Beobachtung gemacht, dass die Perioden regelmässig nach Verlauf einer bestimmten Zeit zurückzukehren scheinen. Er folgert dies daraus, dass die Torfschichten aus den verschiedenen Regenzeiten in demselben Moor zu häufig gleich mächtig sind, als dass man sich hier auf ein Spiel des Zufalles berufen könnte. In den Meeresbildungen ist jedoch eine ähnliche Abwechslung von ungefähr gleichen Schichten nicht zu erwarten, denn nur dann, wenn der Meeresstrand längere Zeit hindurch unverändert bleibt, oder wo die Küste sehr steil abfällt, kann der Wechsel auch

in den Meeresschichten sich regelmässig gestalten, aber in der Regel ist der Stand des Meeres veränderlich und die meisten Küsten fallen flach ab. Desshalb rücken die Küstenlinien selbst bei geringeren Höhenveränderungen vor und zurück und mit ihnen auch die Grenze, bis zu welcher Flüsse und Meeresströme Stoffe von einer gewissen Beschaffenheit ins Meer hinauszuführen vermögen, und daher entstehen im Meere auch unter regelmässigen klimatischen Wechselperioden doch sehr unregelmässige Schichtenwechsel.

Blytt gedenkt sodann der Aenderungen in der Vertheilung von Wasser und Land, welche durch Faltungen der Schichten, aber auch durch Schwankungen des Meeresstrandes herbeigeführt werden können und bezieht sich in Bezug auf letztere Ursache auf die Ausführungen Suess's über die vermeintlichen säcularen Schwankungen (vergl. d. Artikel Schwankungen im Niveau von Meer und Festland, III, pag. 237). Während jedoch Suess annimmt, dass das Meer zeitenweise in den niedrigeren Breiten steigt, während es gleichzeitig unter den höheren sinkt, um dann später wieder den Polen zuzuströmen, und dass dieses Steigen und Fallen in zahlreichen kleinen Oscillationen sich vollzieht, scheint der letzte Theil dieser Hypothese Blytt überflüssig, da er die Terrassen durch den Wechsel trockener und regnerischer Zeiten erklären will. Nach Blytt hätten wir sonach zwei Perioden anzunehmen, welche sich durch die ganze Reihe der Formationen hindurchziehen, die Schwankungen des Meeresstrandes und die Aenderungen der Regenmenge. Die erste Periode erfordert längere Zeit und umschliesst mehrere der letzteren. Die kleinere Periode scheint an einigermaassen regelmässig zurückkehrende Zeiträume geknüpft zu sein, aber die grosse ist unregelmässig, denn sie umfasst nicht immer die gleiche Anzahl der kleineren. Diese beiden Perioden gelangen aber nicht allein in dem Wechsel der Schichtenfolge durch die Reihe der geologischen Formationen zum Ausdrucke, sondern sie zeigen sich auch im Wechsel der Versteinerungen. Denn jene Perioden sind es gewesen, welche schon seit den ältesten Zeiten die Wanderungen der Thiere und der Pflanzen bedingt haben. Und da die Wanderungen wieder Aenderungen der Formen hervorgebracht haben, liefern jene Perioden eine der wichtigsten Ursachen zur Bildung neuer Arten und zur Weiterbildung der lebenden Wesen auf der Erde. Wir können Blytt in der Begründung der Einwirkung der klimatischen Aenderungen auf die Wanderung und die Veränderung der Organismen an dieser Stelle nicht folgen; so wichtig auch für die Geologie der Nachweis ist, dass selbst bei langsamer Wanderung durch den Einfluss einer längeren Reihe aufeinander folgender und abwechselnd trockener und regnerischer Zeiten doch schliesslich ganze Gruppen von Pflanzen sich ändern, einmal die eine Art, ein andermal eine andere, bis schliesslich alle umgewandelt sind. —

Blytt erblickt zugleich in den beiden Perioden, in dem Steigen und Fallen des Meeres auf der einen und der wechselnden Stärke der Meeresströmungen auf der anderen Seite und in der von diesen Factoren abhängigen Wechsellagerung den Schlüssel für die Zeitrechnung der Geologie. Denn diese Perioden lassen sich durch die ganze Reihe der geologischen Schichten hindurch verfolgen, und es hat daher alle Wahrscheinlichkeit für sich, dass die Ursachen derselben allgemeinerer Natur sein werden. Da aber die grosse Periode unregelmässig verläuft, während die kleine nach einem bestimmten Zeitraume wiederzukehren scheint, zieht Blytt die zwei astronomischen Perioden heran, welche schon von anderen Autoren zur Erklärung geologischer Veränderungen benützt worden sind: die grössere und dabei unregelmässige Periode der Variation der Erdbahnexcen-

tricität und die kleinere und dabei einigermaassen regelmässige des Umlaufes des Perihels und Aphels.

Zur weiteren Unterstützung dieser Hypothese versuchte BLYTT mit Benutzung der CROLL'schen Curve für die Excentricität der Erdbeben geologische Schichtenreihen zu construiren und fand nicht blos, dass diese künstlichen, auf Grund der Curve gezeichneten Reihen ganz ähnliche Verhältnisse darbieten, wie die natürlichen, sondern es gelang ihm sogar, eine solche künstliche Schichtenreihe in der Natur wiederzufinden. Diese Schichtenreihe, welche nach der CROLL'schen Curve ungefähr 1½ bis 2½ Millionen Jahre hinter der Gegenwart zurückliegen soll, stimmt nach BLYTT sehr gut überein mit einem Profil der alttertiären Bildungen, welches DOLLFUSS und VASSEUR an der Eisenbahn bei Méry-sur-Oise beobachtet haben. So beachtenswerth indess die von BLYTT gegebene Anregung ist, die Wechsellagerung der Schichten zur Aufstellung der geologischen Perioden heranzuziehen, so verfrüht erscheint die Anwendung der astronomischen Perioden auf die beobachteten Schichtenreihen, schon deshalb, weil bei einer geringfügigen Aenderung der Prämissen sich ganz andere Ergebnisse aus diesen Perioden ableiten lassen.

CH. MAYER-EYMAR ist unter Zugrundelegung derselben astronomischen Perioden zu ganz anderen Resultaten gelangt, indem er, angeregt durch die Studien SCHMICK's das Hauptgewicht auf die kürzeren Perioden des Perihel-Umlaufes legt und die Aenderung der Excentricität der Erdbahn erst in zweiter Linie berücksichtigt. MAYER geht davon aus, dass die in der Erdgeschichte zu unterscheidenden Etagen je einem Perihel-Umlaufe — also ungefähr 21000 Jahren zu entsprechen hätten. Jede Etage zerfalle in zwei Unterabtheilungen, welche dem halben Zeitraume entsprächen, indem die erste Unterabtheilung (alternirend auf jeder Hemisphäre) tiefe — die letzte seichte Meere aufweise. Dabei würden die Länder der Epoche des seichten Meeres von den tiefen Meeren der folgenden Epoche bis zu 200 Meter Höhe bedeckt, wenn die Excentricität der Erdbahn ihr Minimum erreicht, bis zu 2000 Meter Höhe aber, wenn das Maximum der Excentricität (0·0778) einträte. In der ersten Unteretage jedes Perihelumlaufes entstünden demnach hauptsächlich Meeresbildungen, welche tieferem Wasser angehören (Thon, Mergel, Schiefer), in der zweiten Unteretage hingegen Ablagerungen der Seichtsee Brackwasser und Landbildungen (Schotter, Sande, Sandsteine, Kalke, Korallen und Nulliporenbänke). — Die auf einer Hemisphäre zu beobachtenden Etagen entsprächen daher nicht denjenigen der andern, es sei ferner der Zeitraum der älteren Etage desshalb grösser, weil die Perihelumläufe wegen der Consolidation der Erde und wegen der Vermehrung ihres Volums durch Meteoriten ihre Dauer vermindern. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend hat MAYER zunächst die Anzahl der von ihm schon früher aufgestellten Etagen der Tertiärformation noch um eine vermehrt (Arnusien) und jede dieser Etagen, welche einem Perihelumlauf entsprechen soll, in zwei weitere Unteretagen getheilt. Wir leben nach CH. MAYER in der zweiten Unterabtheilung der Etage Saharien, in welcher die Meere auf der Nordhemisphäre niedrigen Stand aufweisen, auf der Südhemisphäre hingegen angeschwollen sind, während die erste Unteretage des Saharien, das Acheulin, das entgegengesetzte Verhältniss zeigt. Während des Acheulin, der Epoche der grossen Gletscher sei die kleine Sahara von Marocco bis Tunis unter Wasser gestanden, ebenso sei das Meer in Norddeutschland eingedrungen. Die vorletzte grosse Etage des Arnusien theilt sich ebenso in zwei Unterabtheilungen, welche je einem halben Perihelumlauf von 10500 Jahren entsprechen. Von diesen Unteretagen repräsen-

tirt die zweite (Durntenin) die interglaciale Epoche, die erste (Cromérin) die Zeit der ersten Vergletscherung. Es würde demnach die interglaciale Epoche ebenso viel Zeit umfasst haben, als uns von dem Höhepunkt der Glacialperiode trennt und zwar 10 500 Jahre. Man wird sich nur schwer zur Annahme derartiger Folgerungen veranlasst sehen, aber auch die tertiären Bildungen haben sich viele willkürliche Deutungen gefallen lassen müssen, um in das Schema der Perihel-Etagen eingereiht werden zu können. So erscheinen von der Miocänbildung des Wiener Beckens die Leithakalk-Schichten der zweiten Hälfte der Étage Helvétien dem Serravalin zugezählt, während der (nach SUESS mit dem Leithakalk gleichzeitige) Badener Tegel der ersten Hälfte der Étage Tortonien, dem Badenin eingereiht wurden. Ebenso finden wir die Tuffe von Sangonini der zweiten Abtheilung des Ligurien, dem Hénisien zugerechnet, während die Gombertoschichten der unteren Hälfte des Tongrien, dem Spauwenin einverleibt wurden. Gombertoschichten und Sangonini-Tuffe sind jedoch nach TH. FUCHS wahrscheinlich gleichzeitige Bildungen, jedenfalls aber sind die ersteren Seichtwasserabsätze, wie schon aus ihrem Reichthum an Korallen hervorgeht, die letzteren aber in tieferem Wasser gebildet, wie ihr Reichthum an kleinen Gasteropoden beweist, welcher FUCHS geradezu veranlasst hat, die von ihm geschilderte Fauna von Sangonini mit der Fauna des Badener Tegels und ähnlicher in tieferem Wasser gebildeter Meeresablagerungen zu vergleichen. Es befremdet daher doppelt, die Tuffe von Sangonini gerade einer Phase mit niederem Wasserstand, die Schichten von Gomberto hingegen einer solchen mit hochangeschwollenen Meeren zugewiesen zu sehen. — Im Ganzen unterscheidet CH. MAYER vom Beginn der Tertiär-Epoche folgende fünfzehn, je einem Perihelumlaufe entsprechende Etagen, die je wieder in zwei Unterabtheilungen (in der Aufzählung eingeklammert) zerfallen:

Garumnien (Meulanin, Monsin), Suessonien (Thanetin, Upnorin), Londinien, (Bognorin, Bagshotin), Parisien (Chaumontin, Grignonin), Bartonien (Auversin, Mortolin), Ligurien (Montmartrin, Hénisin), Tongrien (Spauwenin, Boomin), Aquitanien (Bazasin, Mérignacin), Langhien (Léognanin, Saucatsin), Helvétien (Grundin, Serravalin), Tortonien (Badenin, Stazzanin), Messinien (Billowitzin, Matérin), Astien (Tabianin, Andonin), Arnusien (Cromérin, Durntenin), Saharien (Acheulin, — Gegenwart).

Indem MAYER für die jüngsten Etagen je 21 000 Jahre, für die älteren wegen der erfolgten Beschleunigung des Perihelumlaufes einen höheren Betrag (für das Garumnien 21 100 bis 22 400 Jahre) annimmt, ergiebt sich als Gesammtzeit der seit Beginn der Tertiärzeit bis heute verstrichenen Jahre 306 000 bis 325 000. Dieses Schlussresultat differirt wesentlich von jenem, zu welchem BLYTT gelangt, welcher das von DOLLFUSS und VASSEUR ausgearbeitete Profil der Eisenbahn bei Méry-sur-Oise mit einer von ihm auf Grund der CROLL'schen Curve der Erdbahnexcentricität construirten Schichtenreihe verglich und vollständig übereinstimmend fand. Denn der betreffende Theil der CROLL'schen Curve liegt 1½ bis 2½ Millionen Jahre hinter der Gegenwart, die Schichten des Profils aber, welche mit der construirten Schichtfolge übereinstimmen, beginnen mit den Sables de Beauchamp und dem Calcaire de St. Ouen — Schichten, welche dem oberen Eocän angehören und bei CH. MAYER in der zweiten Phase (Mortolin) der Étage Bartonien Stellung finden, und sie erstrecken sich bis in den Grès de Fontainebleau, d. h. den Beginn des oberen Oligocän, welches Niveau bei CH. MAYER in die zweite Phase (Boomin) seiner Étage Tongrien gestellt wird. Mit anderen Worten, die Schichtreihe, welche nach der Darstellung BLYTT's einen Zeitraum von ungefähr

einer Million Jahre zu ihrer Bildung in Anspruch nahm, soll nach CH. MAYER einem Zeitraum von 42 200—43 500 Jahren entsprechen. MAYER nimmt für dieselbe Reihe von Schichten zwei seiner Etagen: das Ligurien und Tongrien, also zwei Perihelumläufe in Anspruch, während der Theil der CROLL'schen Curve, aus welchem BLYTT seine Schichtenfolge construirt, 47 Perihelumläufe umfasst.

Dies zeigt zur Genüge, dass heute die Versuche, die astronomischen Perioden zur Bestimmung der geologischen Zeiträume heranzuziehen, noch ziemlich verfrüht sind, wenn es auch nicht in Abrede gestellt werden kann, dass es vielleicht bei weiteren Fortschritten der Geologie möglich sein wird, die Periodicität der geologischen Veränderungen richtig zu erkennen und die Abschnitte der Erdgeschichte durch diese Perioden zu bestimmen.

Vorläufig wird man jedoch von dem Ideal einer absoluten Bestimmung der geologischen Zeiträume gänzlich absehen und als nächstes Ziel die Verbesserung der relativen Chronologie ins Auge fassen müssen. Um möglichst gleichwerthige Zeitabschnitte in der Geschichte des Planeten zu gewinnen, hat man zunächst zu versuchen, zu dem Begriffe einer geologischen Zeiteinheit zu gelangen. Die consequente Anwendung der DARWIN'schen Lehre von der allmählichen Veränderung der Organismen liefert auch hier der Geologie den Anhaltspunkt zur Fixirung der palaeontologischen Zone als geologische Einheit. E. v. MOJSISOVICS hat in seinem Werke über die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien zum ersten Male die Principien einer historischen Classification der sedimentären Ablagerungen mit Zugrundelegung der Descendenzlehre und der von ihm selbst neu begründeten chronologischen Abstufung der Sedimente erörtert. Er betont zunächst die Unzulänglichkeit der gegenwärtig üblichen Eintheilungen der geologischen Zeit: »Die hergebrachten, conventionellen Gruppirungen genügen in keiner Weise. Man fühlt dies allgemein und sucht theils durch Aufstellung neuer Gruppen, welche dem in den Kinderjahren der historischen Geologie nach mitteleuropäischem Zuschnitt angefertigten Schema eingezwängt werden, theils durch weitgehende Zerspaltungen der alten Abschnitte Abhülfe zu verschaffen. Aber die meisten dieser Auskunftsmittel leiden an dem gleichen Gebrechen, wie die alten Gruppen, sie tragen das Gepräge nackter Empirie, ihre Begrenzung ist eine willkürliche, zufällige. — Am drastischsten machen sich diese Uebelstände bei der Zusammenstellung von allgemeinen vergleichenden Formationstabellen geltend. Es zeigt sich dabei sehr deutlich, dass die Inconvenienzen der grossen alten Gruppen nicht eliminirt, sondern nur auf die engeren, neuen Gruppen übertragen, mithin vervielfältigt sind.«

Als chronologische Einheit wird gegenwärtig die palaeontologische Zeit aufgefasst, wie sie zuerst von OPPEL in die historisch-geologischen Studien eingeführt wurde. OPPEL hat, indem er den mitteleuropäischen Jura in palaeontologische Zonen zerlegte und auf die Untersuchung der Faciesverhältnisse den gebührenden Werth legte, den ersten Anstoss zu einer naturgemässen Classification der Schichten gegeben. Der Begriff der palaeontologischen Zone hat freilich erst dann seine volle Bedeutung erhalten, als OPPEL's Nachfolger den Anforderungen der Descendenzlehre gerecht wurden und die chronologische Deutung der einzelnen Ablagerungen weitere Fortschritte machte. Heute bedeuten die palaeontologischen Zonen einzelne Entwicklungsphasen des organischen Lebens. Um diese festzustellen, ist es zunächst nothwendig, die in den einzelnen Schichten eingebetteten Reste viel sorgfältiger zu studiren, als dies bisher zumeist geschah — es zwingt die neue Methode der palaeontologischen Forschung zu viel engerer Fassung der Arten und Formen, in welcher keineswegs blos eine Aeusserlichkeit zu sehen ist.

Wir wissen ja, dass alle Formen ineinander übergehen und dass die scheinbaren Grenzen, die eine sogenannte »gute Art« bezeichnen, nur in Lücken unserer Kenntniss, nicht aber in der Natur begründet sind. Es mag, so lange es sich um die Erörterung der gegenwärtigen Lebewesen handelt, erlaubt sein, alle durch unmittelbare und unmerkliche Uebergänge verbundene Formen zu einer Art zu vereinigen, und es ist gewiss von geringerem Belange, wenn man nach der Verschiedenheit, welche die Vertreter dieser Art in einzelnen Provinzen aufweisen, geographische Varietäten unterscheidet. Sobald es sich jedoch um geologisch ältere und jüngere Formen handelt, wird die Sonderung und Auszeichnung durch einen eigenen Namen nothwendig, da durch den letzteren eben ein Entwickelungsstadium im geologischen Sinne bezeichnet werden muss, wenn die Veränderung auch eine geringfügige wäre. Deshalb wohnt den zeitlich verschiedenen Mutationen eine viel grössere Bedeutung inne, als den geographischen Varietäten. Mit Recht bemerkt v. MOJSISOVICS: »Für den Zoologen und Botaniker mag es gleichgiltig sein, ob die Reihenfolge der Bindeglieder zwischen zwei geologisch verschiedenaltrigen Typen durch Artnamen ausgezeichnet wird oder nicht, obwohl es auch diesen conveniren wird, die einzelnen Stadien bestimmt bezeichnen zu können. Beim Geologen kommt aber namentlich auch der chronologische Standpunkt in Betracht. Für ihn haben die einzelnen Entwicklungsstadien eine chronologische Bedeutung, und er würde sich freiwillig der kostbarsten Documente begeben, wenn die in bestimmter geologischer Altersfolge auftretenden Zwischenformen in eine sogenannte »gute Art« zusammengezogen würden. Solche Arten wären überdiess eine thatsächliche Fälschung, da die angeblichen Varietäten nicht gleichzeitig, sondern nach einander existirten.«

Durch die scharfe Fassung der einzelnen Stadien in den Entwickelungsreihen gelangt man zur Feststellung der palaeontologischen Zonen, deren Zeitmaass übrigens selbstverständlich nur ein relatives ist. Keineswegs entsprechen die einzelnen Zonen bestimmteu, ziffermässig ausdrückbaren Zeitabschnitten. Es muss ferner hervorgehoben werden, dass sie keine allgemeine Bedeutung besitzen, sondern nur für durchaus gleichartige, einem Bildungsmedium und einer Bildungsprovinz angehörige Ablagerungen Geltung haben. Für jede andere Provinz wird eine selbstständige chronologische Gliederung durchzuführen sein. Es wird daher für die einzelnen Epochen so viele getrennte Chronologien geben, als selbstständige Provinzen existiren. Die fortwährende Verschiebung der letzteren bietet jedoch ein Mittel, diese getrennten Chronologien in Zusammenhang zu bringen. Wenn früher getrennte Provinzen durch Hinwegfall der Scheidewand ihre Vereinigung fanden, wird es stets möglich sein, aus der Untersuchung der Versteinerungen den Zeitpunkt dieses Ereignisses abzuleiten; wissen wir ferner, dass die verschieden gegliederten Ablagerungen dieser beiden Provinzen eine gleichartige, einem gemeinsamen Bildungsraume entsprechende Unterlage besitzen, so ist es, wenn die phylogenetische Verkettung der eingebetteten Versteinerungen das Vorhandensein einer Lücke ausschliesst, wohl gestattet, die Gesammtheit der Zonen des einen Gebietes der Gesammtheit der Zonen des anderen Gebietes gleichzustellen. Die einzelnen palaeontologischen Zonen aber dürfen in diesem Falle einander nicht parallelisirt werden, was meistens wohl schon aus dem Grunde unausführbar sein dürfte, weil die Anzahl der Zonen eine ungleiche sein wird.

Die Trias der Alpen liefert hierfür nach den Untersuchungen VON MOJSISOVICS' ein ausgezeichnetes Beispiel. Die Ablagerungen der unteren Trias entsprechen

einem gemeinsamen Bildungsraum; zur norischen Zeit erscheint die mediterrane von der juvavischen Provinz scharf geschieden, und mit dem Beginne der karnischen Stufe stellt sich allmählich die Verbindung wieder her. Während jedoch die norische Stufe der mediterranen Triasprovinz nur in zwei palaeontologische Zonen zu zerlegen ist, zerfällt jene der juvavischen Provinz in nicht weniger als fünf.

Am schwierigsten gestaltet sich die Vergleichung von Ablagerungen aus verschiedenem Bildungsmedium. Die Entwicklung des organischen Lebens auf dem Festlande und im Meere hält keineswegs gleichen Schritt. So können wir z. B. im Miocän Ost-Europa's eine ganz verschiedene Chronologie auf Grund der aufeinanderfolgenden Säugethierfaunen des Festlandes und der Conchylien-Faunen des Meeres aufstellen. Während im Meere die Ablagerungen der ersten und zweiten Mediterranstufe stattfanden und als zur Zeit der sarmatischen Stufe Absätze aus bereits etwas ausgesüsstem Wasser erfolgten, — während also die Conchylienfauna des Meeres sich wiederholte, durchgreifende Aenderungen erlitt, persistirte die von den österreichischen Geologen als erste Säugethierfauna des Wiener Beckens bezeichnete Bevölkerung des Landes ungestört, um erst während der Ablagerung der Congerienschichten der zweiten Fauna Platz zu machen. Ausserordentlich eingehende und sorgfältige Detailstudien sind in solchen Fällen nothwendig, um die Gleichzeitigkeit so verschiedener Ablagerungen nachweisen zu können.

Die Anwendung der palaeontologischen Zonen als Einheit der geologischen Chronologie hat demnach mit nicht geringen, in der Sache selbst begründeten Schwierigkeiten zu kämpfen. Zu diesen ist vor Allem auch der Umstand zu zählen, dass die Variabilität der verschiedenen Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Formenreihen eine sehr verschiedene ist, und Veränderungen selten gleichzeitig eintreten. Man könnte nach Mojsisovics dieser Verlegenheit nur durch zweckmässige Wahl von Normal-Vergleichungstypen entgehen, welche man unter den am häufigsten sich ändernden Organismen zu wählen hätte. Wünschenswerth wäre es dabei freilich, für die ganze Reihe der Schichtensysteme sich constant eines und desselben Vergleichungstypus bedienen zu können. Ein solcher, der brauchbar wäre, existirt aber nicht. Wohl reichen gewisse Formen (z. B. *Lingula*, *Rhynchonella)* aus den ältesten Versteinerungs-führenden Horizonten bis in die Gegenwart herauf, allein sie unterlagen so geringen oder so langsamen Veränderungen, dass sie schlechterdings nicht zur Fixirung palaeontologischer Zonen geeignet erscheinen. Man wird daher, in soweit es sich um die palaeontologischen Zonen der Meeresbildungen handelt, für die palaeozoische Aera wahrscheinlich die Trilobiten und Cephalopoden, (subsidiär vielleicht auch die Brachiopoden), für die mesozoische Aera die Ammonitiden (nach Umständen subsidiär auch andere Conchylien), für die kaenozoische Aera aber die Gasteropoden als Haupt-Vergleichstypen wählen, während für die terrestre Entwicklung vorzugsweise die Pflanzen und nur subsidiär auch die landbewohnenden Thiere herangezogen werden dürften.

Der Gedanke, in consequenter Anwendung der Descendenzlehre die Veränderung der Organismen als geologisches Zeitmaass zu verwenden, hat durch Darwin selbst in einem Briefe an Mojsisovics mit folgenden Worten Billigung gefunden. »Ich habe endlich Zeit gefunden, das erste Kapitel Ihrer Dolomit-Riffe zu lesen, welches mein Interesse in ausserordentlichem Maasse erregt hat. Was für eine wundervolle Veränderung der geologischen Chronologie stellen Sie

durch Zugrundelegung der Descendenztheorie und durch Anwendung der graduellen Veränderung derselben Gruppe von Organismen als Zeitmaass in Aussicht! Ich habe nie gehofft zu erleben, dass Jemand einen solchen Schritt vorschlagen würde. OPPEL, NEUMAYR und Sie werden sich ein dauerndes und bewunderns werthes Verdienst um die edle Wissenschaft der Geologie erwerben, wenn Sie Ihre Ansichten so verbreiten können, dass sie allgemein bekannt und angenommen werden.«

Litteratur: A BLYTT: Essay on the Immigration af the Norwegian Flora during alternating rainy and dry periods, Christiania 1876. — Ueber Wechsellagerung und deren muthmaassliche Bedeutung für die Zeitrechnung der Geologie und für die Lehre von der Veränderung der Arten. Biologisches Centralblatt, III. No. 14 u. 15. Erlangen 1883. G. CAPELLINI: Congrès géologique international. Compte rendu de la 2. Session, Bologne 1881. H. CREDNER: Die Zeit als geologischer Faktor, Elemente der Geologie, 5. Auflage, pag. 290, Leipzig 1883., O. FRAAS: Aus dem Orient, 1867. GIRARD: Observations sur la vallée d'Égypte (in Description de l'Égypte, t. 20. 1824). — TH. KJERULF: Einige Chronometer der Geologie, Heft 352/353 der Sammlung gemeinverständ. wissenschaftlicher Vorträge, Berlin 1880. CH. MAYER-EYMAR: Classification des terrains tertiaires conforme à l'équivalence des périhélies et des étages, Zürich, 1884. E. v. MOJSISOVICS: Die Dolomitriffe Südtirols und Venetiens, Wien 1879. — E. SUESS: Ueber die vermeintlichen Schwankungen einzelner Theile der Erdoberfläche, Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien 1880, pag. 171. —

Verbesserungen.

Seite		Zeile				
Seite 35	Zeile	20	von	unten	lies	die anstatt eie.
„ 116	„	6	„	oben	„	Wombat anstatt Whombat.
„ 116	„	18	„	„	„	carnassial anstatt carnassiae.
„ 315	„	13	„	unten	„	selbst als Schmucksteine anstatt als Schmucksteine selbst.
„ 577	„	6	„	oben	„	Garou anstatt Garon.
„ 577	„	9	„	„	„	den anstatt dem.
„ 577	„	24 u. 25		unten	„	Mauna anstatt Manna.
„ 577	„	19	von	„	„	Maui anstatt Mani.
„ 577	„	14	„	„	„	irdischen anstatt indischen.
„ 579	„	19	„	„	„	unter anstatt auf.
„ 579	„	15	„	„	„	Ruapahu anstatt Ruapahn.
„ 580	„	11	„	„	„	dem Gebirgsbaue anstatt der Gebirgszone.
„ 580	„	6	„	„	„	Dem anstatt Auf dem.
„ 580	„	4	„	„	„	Bolsener anstatt Balsener.
„ 581	„	12	„	oben	„	anstehenden anstatt entstehenden.
„ 581	„	24	„	„	„	Herniker anstatt Iberniker.
„ 581	„	4	„	unten	„	interessanter anstatt insbesondere.
„ 581	„	2	„	„	„	deren anstatt oberen.
„ 581	„	2	„	„	„	sedi anstatt rudi.
„ 582	„	12	„	oben	„	Ezzelins anstatt Engels.
„ 582	„	19	„	„	„	den anstatt des.
„ 583	„	17	„	unten	„	Pariou anstatt Parion.
„ 583	„	14	„	„	„	Granittrümmer anstatt Trümmer.
„ 584	„	5	„	unten	„	Uedeler anstatt Nedeler.
„ 585	„	23	„	„	„	aus anstatt von.
„ 585	„	17	„	„	„	Eifel anstatt Insel.
„ 585	„	14	„	„	„	2·062250 anstatt 1·062250.
„ 586	„	13	„	oben	„	der anstatt das.
„ 586	„	18 u. ff.		„	„	REYER anstatt BEYER.
„ 587	„	11	von	oben	„	Ries anstatt Riesen.
„ 587	„	15	„	unten	„	hangenden Schichtgesteine anstatt hängenden Schüttgesteine.
„ 587	„	9, 5 u. 4	von	unten	lies	Mont anstatt Monte.
„ 588	„	2	von	oben	lies	6,4 anstatt 6,21.
„ 588	„	3	„	„	„	Grösse anstatt Zone.
„ 588	„	6	„	„	„	nie anstatt wie.
„ 588	„	9	„	„	„	Endlich anstatt Endlist.
„ 588	„	24	„	unten	„	weil anstatt meist.
„ 588	„	22	„	„	„	dem anstatt im.
„ 590	„	1	„	oben	„	denselben anstatt demselben.
„ 590	„	9	„	„	„	linsen anstatt linien.
„ 590	„	11	„	„	ist	dem zu streichen.
„ 590	„	15	„	„	lies	riefen anstatt rufen.
„ 590	„	17	„	„	„	aufgeschlossen anstatt angeschlossen.
„ 592	„	24	„	„	„	aufzehren anstatt aufhören.

Register.

(Die römische Ziffer giebt den Band, die arabische die Seitenzahl an.)

C.

M.

Q.

T.

U.

V.

W.

X.

Y.

Z.

